

MEDDELELSER

FRA

VESTLANDETS FORSTLIGE FORSØKSSTATION

BIND 2 — HEFTE 2

„Meddelelser fra Vestlandets forstlige forsøksstation“

publiceres under redaktion av forsøkslederen; forfatterne er selv ansvarlige for indholdet av deres avhandlinger.

Meddelelsene, der kommer som tvangfrie hefter, gis fortløpende nummer; heftene forenes i bind. De faaes tilkjøps ved henvendelse til forsøksstationen (adresse: Bergens Museum, Bergen).

SALPETERSYREDANNELSE I UDYRKET JORD

I. ORIENTERENDE ANALYSER

AV
TORBJØRN GAARDER OG OSCAR HAGEM

INDHOLD.

Kap. I.	Arbeidets maal og de anvendte metoder	7
1.	Undersøkelsernes maal	7
2.	Anvendte metoder.....	12
Kap. II.	Jordprøver og analyser	32
1.	Kulturjord.....	32
2.	Blandet løvskog.....	36
3.	Bjerkeskog	45
4.	Granskog.....	50
5.	Furuskog.....	53
6.	Lyngmark	60
7.	Myr- og torvjord.....	72
8.	Nitrifikation i podede væskekulturer	76
9.	Oversigt over analysene	81
Kap. III.	Undersøkelser over enkelte faktorerers indflydelse paa jordnitrifikationen	85
1.	Jordens vandindhold.....	85
2.	Jordens gennemluftning	92
3.	Jordens reaktion. Metoder	95
Kap. IV.	Jordens salpetersyredannelse i forhold til dens reaktion	140

FORORD.

Det her fremlagte arbeide er grundlagt paa analyser som for en væsentlig del er utført fra mai—oktober 1919, i fællesskap av begge forfattere.

Arbeidet har været delt saaledes, at dr. *Gaarder* har utført de kemiske analyser, gas-analysene og surhetsgradsbestemmelsene, mens professor *Hagem* har foretat de bakteriologiske analyser med kulturforskene. Jordprøvene er indsamlet i fællesskap av begge forfattere. Ved utarbeidelsen av denne beretning har dr. *Gaarder* skrevet avsnittene om de kemiske analysemetoder, om jordens gjennemluftning og om dens surhetsgrad. De øvrige avsnit er skrevet av professor *Hagem*. Forøvrig er arbeidet utført under stadig samarbeide og konference.

Undersøkelsene er utført for midler fra „Vestlandets forstlige forsøksstation“. Da stationen endnu ikke disponerer over noget laboratorium, har analysearbeidet været utført i Bergens Museums botaniske laboratorium og for en mindre del ved Bergens biologiske station, hvis lokaler og utstyr museets styre med megen velvilje har tillatt benyttet til disse undersøkelser.

Trykningen er utført for en bevilgning av Det norske skogselskap (renter av M. W. Stangs legat). Vi tillater os at bringe det ærede selskap vor bedste tak for den store støtte som derved er ydet vort arbeide.

Bergen, den 5. november 1920.

Torbjørn Gaarder.

Oscar Hagem.

Kap. I. Arbeidets maal og de anvendte metoder.

1. Undersøkelsenes maal.

Paabegyndelsen av disse undersøkelser er foranlediget ved de store vanskeligheter man erfaringsmæssig møter ved plantning av gran i mange av Vestlandets distrikter. Særlig i de ytre, men delvis ogsaa i de midtre kystdistrikter, er det røslungen (*Calluna vulgaris*) som er den dominerende plante i plantefeltens vegetation, og hvor denne hersker, lider de unge granplanter næsten undtagelsesfrit gjennom mange aar av en veksthemning eller vekststansning. Veksthemningen kan vise sig allerede det første aar efter utplantningen av de $\frac{2}{1}$ eller $\frac{3}{2}$ —aarige granplanter. I enkelte tilfælde synes dog disse at kunne vokse normalt et par aar, men saa kommer der en fullstændig vekststans. Veksthemningens ytre tegn er: liten eller ingen vekst, delvis borttørring av plantens topskud og altid en sykelig gulifarvning av naalene, som er korte og delvis avfaldende. Denne vekststans kan vare fra 3—20 aar eller mere; plantene staa helt i stampe eller yokser kun en centimeter eller to i høiden hvert aar. Selv 10—15 aars planter kan derfor endnu staa gjemt og sturende nede i lyngen.

Denne veksthemning er typisk for granen og mangler helt hos furuen selv paa nøiagtig samme jordbund. Fig. 1 viser et plantefelt, Hetlandsfeltet i Bjerkreim, hvor der blev plantet 1902. Paa parcellen i billedets bakgrund blev plantet $\frac{1}{1}$ furu og i forgrunden $\frac{2}{1}$ gran. Furuen var i 1915 4—5 m. høi, med gjennomsnitshøide 4.5 m. og stod tæt og frodig. Granene var for en stor del endnu ikke naadd op over lyngen og viste høider av 20—50 (— 80) cm. De fleste var gule og utrivelige, men nogen faa hadde dog faat en mørk grøn farve og viste 10—15 cm.'s topskud.

Vekststansningen har her varet i 13 aar, men nu viser plantningen de første sikre tegn til bedring, idet de første granplanter er kommet i vekst. Ved besøk i samme plantning i 1919 var situationen betydelig bedret. Vistnok var endnu mange planter i veksthemning og naadde ikke over 50 cm.'s høide, men der var ogsaa mange som stod mørkegrønne og var i god begyndende vekst. I Hetlandsfeltet finder man flere slike utrivelige granplantninger, nogen er endnu værre end

den ovenfor skildrede parcel, andre er adskillig bedre med enkelte graner som er op til 2—3 m. høje.

De nævnte plantninger i Hetlandsfeltet ligger paa glaciale moræner. Undergrunden bestaar derfor av sand og grus med et ikke meget tykt lag av overligg-



Fig. 1. Gran (*Picea excelsa*) i veksthemning. Det aapne felt i forgrunden beplantet med gran, i bakgrunden med furu, begge plantet 1902 og fotograferet 1915. Furuens gjennemsnittshøide i 1915 — 4.5 m., granens 40 cm.

(Fichte (*Picea excelsa*) in Wachstumsheimmung. Das offene Feld im Vordergrund mit Fichte, das im Hintergrund mit Kiefer (*Pinus silvestris*), beide in 1902, bepflanzt. Photographiert in 1915. Durchschnittshöhe der Kiefer in 1915 4.5 m., der Fichte 40 cm.).

gende lynghumus eller lyng-„jord“. Vegetationens dominerende plante er *Calluna* og *Arctostaphylos*. Humussyrene har i mindre utstrækning ført jern- og andre salte ned i dypere lag, 20—30 cm.; men fast aldannelse findes ikke eller kun meget lokalt. Denne kan derfor ikke være veksthemningens aarsak.

Lignende veksthemning hos gran finder man næsten overalt i Vestlandets ytre distrikter. Den forekommer baade der hvor undergrunden allerede fra 5—10 cm's. dybde og nedover er sand og grus, og der hvor der ligger et tykt torvlag over grusen. I det sidste tilfælde er granens vekst endnu mindre, og procenten av utgaaende planter endnu større. Veksthemningen er typisk overalt hvor plante-

såmfundet overveiende bestaar av lyng. Den findes ikke paa de bedre jordbundsboniteter i dalsidene eller under urene, hvor vegetationen overveiende er græs eller mere fordringsfulde planter (bl. a. løvtrær); den er først og fremst knyttet til grundfjelds-bergartene og de glaciale avleiringer, og den er mindre utpræget eller mangler helt i de dele av distriktene hvor fjeldgrunden bestaar av kalk- eller magnesiarike bergarter.

Selv om mange, eller kanskje de fleste av granplantningene med tiden overvinder veksthemningen og kommer i sund vekst, representerer dog en slik vekststans paa 5—20 aar et betydelig rentetap ved det økonomiske oppgjør av plantningens lønsomhet. Og det er av den grund meget ønskelig at lære dens årsaker nærmere at kjende og derved om mulig at undgaa eller forkorte den.

Granens veksthemning er ikke et for Vest-Norge særegt fænomen. Den er velkjendt i Jylland, i Nordvest-Tyskland og i en række andre land. Og der er i de sidste 30—40 aar anvendt mange midler for at undgaa den.

Den enkleste fremgangsmaate til forbedring av sur lyngjord er mekanisk bearbeidning i form av hakning, omgravning eller pløining. Jordbearbeidning uten andre forholdsregler fører dog praktisk talt aldrig til maalet. Selv om granens trivsel bedres for et aar eller to, indtræder snart igjen den gamle vekststans. Jordbearbeidning i forbindelse med tilførsel av mineralske næringsstoffer, som kalk, kali og tomasfosfat, kan i enkelte tilfælde virke ganske godt, men midlet virker ikke sikkert, og man kjender endnu ikke betingelsen for at denne behandling skal være tilstrækkelig.

Det bedste middel mot granens veksthemning har man i indplantning av forskjellige erteblomstrede planter eller av buskfuru. Buskfuruen er gjennom en række undersøkelser, bl.a. av danske forstmænd (særlig *P. E. Müller*), kjendt som en fortrinlig „amme“ for granen. Plantet før eller samtidig med granen dræper den lyngen og forbedrer(?) gjennom nogen aar jordbunden slik at granen kommer i god vekst. En væsentlig mangel ved buskfurumetoden ligger deri at plantningene kræver stadig tilsyn, idet buskfuruen maa dække jorden mest mulig sammenhengende for at kvæle lyngen, men allikevel ikke staa saa tæt at de unge granplanter dræpes. Ved større plantninger er denne ekstraplantning av buskfuru og det hyppige tilsyn med tynding en faktor som kan forringe plantningens lønsomhet.

Efter utenlandske erfaringer (*Reuss* 1903) naar man like let til maalet om man istedenfor buskfuru bruker belgplanter, som fleraarig lupin (*Lupinus perennis*), gyvel (*Spartium scoparium*) eller alsikkekløver (*Trifolium hybridum*). Disse planter hjælper paa granens vekst ikke bare i lyngmark med dens høie kvælstofindhold, men ogsaa i mange jordarter hvor kvælstof kun er tilstede i minimale

mængder. Det er mest sandsynlig at disse planters gode virkning bestaar deri, at de med sit rike bladavfald skaffer jordbunden let forraadnende planterester og dermed let assimilerbart kvælstof til granen, samtidig som de ved sine rotknolder og kvælstofassimilerende bakterier skaffer sig det nødvendige kvælstof fra luften.

Den mest omstændelige jordforbedringsmaate for grankultur finder man utført i Jylland, hvor hedens raahumus i forbindelse med sterk utvaskning og aldannelse gir en meget ugunstig jordbund. I en række plantninger har man anvendt dyppløining av arealene med paafølgende flere aars akerbruk før man gaar over til at plante gran!

Selv om man nu ved en række forsøk har erfaring for at man ved mere eller mindre omstændelige hjelpekulturer kan overvinde vanskelighetene og bringe granen i vekst, gjenstaar der dog endnu meget arbeide inden man kan si at metodene er rationelt utarbeidet. Ofte er det vanskeligheter ved at faa belgplantene i god vekst; de forskjellige slags gjødslingsmaater som her er nødvendige, er langt fra utredet. Endnu mindre utredet er mulighetene for at forbedre jorden bare ved tilførsel av mineralgjødning, idet resultatene her vil variere meget med den jordtype man har til behandling.

Skal de forskjellige metoder faa praktisk anvendelse, maa de være saa billige som mulig; selv om skogplantning i almindelighet er et lønsomt foretagende, vil der dog ikke kunne tillates større ekstrautgifter ved plantningens anlæg uten at lønsomheten vipper over til tapssiden.

Naar forsøksstationen nu optar spørsmålet om granens veksthemning, blir det nødvendig at gjøre det paa bredest mulig grundlag. Tidligere undersøkelser, bl. a. fra dansk hold (*P. E. Müller* med medarbeidere, *Fr. Weis* m. fl.), har vist at granens veksthemning temmelig sikkert skyldes kvælstofhunger. Den raa lynghumus indeholder rigtignok store mængder kvælstof, men dette er tilstede i komplicerte organiske forbindelser, som planterøttene ikke kan opta. Og paa grund av lyngjordens specielle egenskaper („surhet“, mangel paa mineralstoffer etc.) trives de bakterier som skal spalte raahumusens kvælstofforbindelser og overføre dem til ammoniak eller salpetersyre meget daarlig. Lynghumusens bakterielliv er relativt meget fattig; men denne jordtype indeholder paa den anden side meget sopmycel, som virker skadelig derved at det overfører ammoniakkvælstof til vanskelig spaltbare sopegehviteforbindelser.

Spørsmålet om granens eller andre fordringsfuldere planters trivsel i lyngmark blir et kvælstofspørsmål. Det manglende kvælstof kan muligens med held tilføres i form av ammoniumsalte eller salpeter; men der kan hver gang kun til-

føres smaa mængder, og virkningen vil derfor bli kortvarig. En med et par aars mellemrum foretat kvælstofgjødsling vil ved større plantninger baade bli omstændelig og kostbar, og den vil for mange jordarters vedkommende neppe gi et helt brukbart resultat. Det vilde falde naturligere at prøve at mobilisere lynghumusens store kvælstofmængder. Veien maa her gaa gjennom bakterienes livsvirksomhet. Kun i en jordbund hvor bakteriellivet er rikt og frodig, kan man vente omsætning av de organiske forbindelser og dannelse av ammoniak (og salpetersyre).

I lang tid har man drevet jordbundsforskning som en meget ensidig kombination av kemiske og fysiske (mekaniske) analyser. Mange betydningsfulde resultater er derved vundet, men ensidigheten i denne forskningsretning har været for stor til at den kunde føre til noget helt tilfredsstillende resultat. I de sidste par aartier har man mere og mere erkjendt at jordbundens kvalitet er i høieste grad avhengig av dens mikroorganismer, og at en række av de viktigste prosesser og omdannelser i første instans beror paa mikroorganismenes virksomhet. Det omslag i arbeidsmetoder og arbeidsretning som har fundet sted, har ikke mindst gjældt den udyrkede jord i alle dens særegne typer, og bakteriologisk og mykologisk forskning indtar nu en meget væsentlig plass ved studiet av udyrket jord og dens produksjonsmuligheter.

Det blir derfor nødvendig at studere den udyrkede jords bakterieflora nøie. Enten man har en kvælstofrik raahumusjord, hvis organiske kvælstof skal frigjøres, eller man har en utvasket, kvælstoffattig mineraljord, hvor bladavfaldet av ammeplantene (lupiner, gyvel o. a.) skal raatne og avgi kvælstof — i begge tilfælde er det specielle bakteriegrupper som maa gripe ind. Studiet av disse og betingelsene for deres vekst i forskjellige jordtyper er derfor av største betydning.

Det er flere bakteriegrupper som her spiller en viktig rolle. Først og fremst har vi de cellulosespaltende bakterier, hvis oppgave (sammen med de pektin-spaltende) det er at nedbryte cellevæggens kulstofforbindelser paa hurtigste vei og saaledes sørge for en god formuldning av planteavfaldet. Den næste bakteriegruppe er de eggehvitestof- og peptonspaltende bakterier, som angriper planteavfaldets kvælstofforbindelser og fører deres kvælstof over til ammoniak. En række planter kan nøie sig med ammoniumsalte som kvælstofnæring, mens andre (de fleste kulturplanter) synes at foretrække salpetersure salte (nitrater). Hvordan naaletrærne her forholder sig i sine forskjellige aldersstadier, er endnu ikke endelig avgjort. Det er meget som taler for at furuen i høiere grad end granen er istand til at nøie sig med ammoniak. I et hvert fald synes granen i yngre alderstrin til en viss grad at kræve kvælstofnæring i form av nitrat. Den

tredje gruppe bakterier som maa studeres, er derfor de salpetersyredannende bakterier, som overfører ammoniak til nitrit og derfra til nitrat. Endelig maa et par andre bakteriegrupper tas med i betragtning. Det er de denitrificerende bakterier, som reducerer nitraten til nitriter og derfra til elementært kvælstof, som saaledes unddras plantene. Og opmerksomhet fortjener likeledes den gruppe bakterier som er istand til at assimilere luftens frie kvælstof og overføre det i organisk forbindelse — bakterieprotoplasma —, som saa igjen nedbrytes under dannelse av ammoniak. En meget viktig gruppe av jordbundens mikroorganismer er endelig de mange jordbundssopper, som enten lever av ammoniak og overfører denne til sopprotoplasma eller lever av nitrater og overfører disse til protoplasma. Begge disse sidste gruppers utbredelse er litet studeret, men det synes foreløbig som om de ammoniakspisende sopper er de talrigste i udyrket jord av ringere kvalitet (raahumus), mens de sopper som ogsaa kan tilgodegjøre sig nitrater, findes i udyrket jord av bedre kvalitet og i dyrket jord.

Alle disse organismegrupper stiller sine særegne krav til jordens reaktion, til dens indhold av organiske og anorganiske (mineralske) stoffer, og disse krav opfyldes i meget forskjellig grad i de forskjellige jordtyper.

Forsøksstationen har derfor ment at der som forarbeider til en række praktiske forsøk over den udyrkede jords skikkethet for skogplantning, bør gaa en indgaaende undersøkelse av de ovennævnte mikroorganismegrupper, deres utbredelse og livsvilkaar i vestnorsk jordbund. Da nu granplantning paa Vestlandet er et meget aktuelt spørsmål, laa det nær at opta salpetersyredannelsen som første arbeidsopgave, idet bl. a. danske undersøkelser (av *Weis*—1908) tyder paa at de salpetersyredannende bakteriers virksomhet spiller en viktig rolle for en granplantnings trivsel. I nær forbindelse hermed maa optas en undersøkelse av den gruppe bakterier som nedbryter de organiske kvælstofforbindelser til ammoniak og derved skaffer det nødvendige grundlag for salpetersyredannelsen.

2. Anvendte metoder.

En jordarts salpetersyredannende evne beror paa dens indhold av salpetersyredannende bakterier (nitrifikationsbakterier). Efter de berømte undersøkelser av *Winogradsky* vet vi at den bakterielle oksydation av ammoniak (NH_3) til salpetersyre (HNO_3) foregaar i to trin, idet visse bakterier (nitritbakterier) oksyderer ammoniak til salpetersyring (HNO_2), og en anden gruppe bakterier (nitratbakterier) fortsætter oksydationen til salpetersyre (HNO_3).

En jordprøves salpetersyredannende evne beror nu først og fremst paa om den overhodet indeholder begge disse bakteriegrupper. Kvantiteten av dens nitratdannelse (nitrifikation) vil da igjen bero dels paa mængden av bakterier pr. volumenhet jord, dels paa virkekräften hos disse bakterier, idet man paa forhaand kan anta at de i de forskjellige jordprøver kan være tilstede i forskjellig hurtig virkende racer. Og endelig vil salpetersyredannelsen være avhængig av tilgangen paa processens raastof: ammoniak.

For at avgjøre om der overhodet findes nitrifikationsbakterier i en jordprøve, har vi anvendt den velkjendte metode hvorved en steril næringsopløsning indeholdende ammoniumsulfat podes med en avveiet mindre jordmængde. Vi har herunder kun benyttet os av en ammoniumsulfatopløsning og ikke som mange andre samtidig av en nitritopløsning. Hovedhensigten har været at bestemme om jorden har indeholdt bakterier som kan oksydere ammoniak til salpetersyre. Dette opnaar man enklest ved kun at benytte én opløsning, idet nitritbakteriene først overfører dennes ammonium til nitrit og nitratbakteriene dette igjen til nitrat. Den anvendte næringsopløsning er en forenklet Winogradskys opløsning av følgende sammensætning:

Vand	1000 gr.
Ammoniumsulfat ($(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$)	1 "
Magnesiumsulfat (Mg SO_4)	0.5 "
Sekundært kaliumfosfat ($\text{K}_2 \text{HPO}_4$)	0.5 "
10 draaper 1 % jernkloridopløsning (Fe Cl_3)....	
0.2 gr. Ca CO_3 pr. kolbe à 50 eller 100 cm. ³ opløsning.	

Denne opløsning har vist sig meget brukbar, og i de fleste serier er den avgjort bedre end de Winogradsky-opløsninger som er opført i haandbøkene.

Opløsningen der i det følgende er betegnet som nr. 14 b, blev anvendt paa Erlenmeyerkolber, og til hver kolbe blev altid sat 0.2 gr. finpulveriseret CaCO_3 .

Ved kolber til almindelig kvalitativ undersøkelse fik væsken et opkok i kolbene 2 gange med 24 timers mellemrum. Vistnok gaar herunder en del av opløsningens ammoniak tapt, — indtil 10 — 20 % av kolbens N-indhold. Dette tap kunde ha været undgaat om man hadde steriliseret næringsopløsningen og kolben først og derpaa tilsat steril ammoniumsulfatopløsning. Vi fandt det imidlertid i begyndelsen ikke tilraadelig at anvende denne fremgangsmaate med de muligheter for infektion som den gir, idet vi derved kunde komme til at paavise nitrifikationsbakterier i jordprøver hvor de i virkeligheten ikke var tilstede. Kun i en del forsøk hvor vi ønsket at undersøke kvantiteten av oksyderet ammoniak, blev

kvælstoftapet ved sterilisering tat i betragtning. Kolbene blev da dels steriliseret paa en bestemt maate (kontrolleret kort koketid) som erfaringsmæssig gav ca. 3—5 % kvælstoftap (maks. 6 %), dels blev næringsopløsningen steriliseret i kolben, og steril ammoniumsulfatopløsning derefter tilsat.

Særlig den første maate, sterilisering i bestemt koketid, har vist sig meget brukbar, og i vore senere forsøk har vi derfor altid anvendt denne metode. Vi steriliserer da først kulturkolbene med deres saltopløsning og karbonattilsætning ved kokning. Derefter tilsættes fra en steril burette det nødvendige antal cm^3 $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ -opløsning (steril). Kolben koker derpaa over asbest $\frac{1}{2}$ minut, og efter 24 timers henstand igjen nogen faa sekunder. Ved denne fremgangsmaate faar man sterile opløsninger med ensartet N-indhold og litet N-tap.¹⁾

Av vore prøveforsøk hitsættes nedenstaaende serier.

Serier à 3 kolber (50 cm^3)	Kolbenes N-indhold bestemt efter <i>Kjeldahl</i> .
A. Saltopløsning (uten ammoniumsulfat).....	0.54 mgr. N.
B. Saltopløsning + kalk kokt, derpaa tilsat (NH_4) ₂ SO ₄ (repr. 10.61 mgr. N) uten videre kokning. (3 kolber)	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> $\left\{ \begin{array}{l} 10.82 \\ 10.61 \\ 10.84 \end{array} \right.$ </div> <div> " " " " " " </div> </div>
	10.76 "
C. Som B., men efter tilsætn. av (NH_4) ₂ SO ₄ blev kolbene kokt over bar flamme først 1 min. og 24 t. senere nogen faa sek. (3 kolber)	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> $\left\{ \begin{array}{l} 10.00 \\ 10.26 \\ 9.52 \end{array} \right.$ </div> <div> " " " " " " </div> </div>
	9.93 "
D. Samme fremgangsmaate som i C., men kokningen utført paa asbestplate over gasflamme. (3 kolber)	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> $\left\{ \begin{array}{l} 10.05 \\ 10.17 \\ 10.24 \end{array} \right.$ </div> <div> " " " " " " </div> </div>
	10.16 "

Ved denne sidste fremgangsmaate er altsaa kvælstoftapet $10.76 \div 10.16 = 0.60$ mgr. pr. kolbe eller 5.6 %.

Fra flere hold er der i de senere aar fremholdt at nitrifikationsbakteriene ikke vokser godt i flytende næringsopløsning, og at de resultater man faar ved anvendelsen av disse ikke gir noget virkelig billede av jordprøvens nitrificerende evne. Efter vore erfaringer er dette ikke tilfældet.

¹⁾ Ved langvarigere forsøk maa man allikevel altid ta i betragtning det N-tap som beror paa en langsom frigjøring av NH_3 fra kulturvæsken.

I de mere end 100 jordprøver som vi har undersøkt, har der omtrent altid været en god overensstemmelse mellem nitrifikationen i ovennævnte væske og den nitrifikation i fast jord som man faar naar man hensætter jorden til nitrifikation ved 25° C., og bestemmer den mængde salpetersyre som den danner i et visst tidsrum (se nedenfor). Men der er her rigtignok flere vigtige faktorer som man maa være opmærksom paa. For det første maa næringsopløsningen ha en sammensætning som ovenfor nævnt; anderledes sammensatte opløsninger som gir like gode resultater, har vi ikke kunnet finde. For det andet maa man tilsætte rikelig jord til hver kolbe, mindst 5 gr. frisk jord pr. kolbe. Og den jord som skal undersøkes, maa i forveien (paa steril maate) være godt blandet. Endelig maa der ikke benyttes for meget næringsopløsning paa hver kolbe. Som bekjendt synes nitrifikationens hastighet i kulturvæsker at være meget afhængig av væskelagets dybde. Jo lavere væskelaget er, desto hurtigere forløper ammoniakens oksydation. I vore kvalitative nitrifikationskolber har vi anvendt 50 cm.³ væske i 300 cm.³ Erlenmeyerkolber. Dette gir en væskedybde av 1.0 cm. med en væskeoverflatediameter av 8.5 cm. Vi anser det fordelagtig at anvende dette noget dype væskelag. Nitrifikationen gaar rigtignok da litt langsomt, men forskjellen mellem de enkelte prøvers nitrifikationshastighet blir derved større end ved anvendelsen av et bare nogen millimeter dypt væskelag, hvor nitrifikationen som regel forløper for hurtig.

Undersøkelse av væskennitrifikationen er utført i 3 serier. I serie A er i 50 cm.³ væske indført 5 gr. jord i samme tilstand som den blev indsamlet. I serie B er, likeledes i 50 cm.³ væske, indført 5 gr. jord av de jordprøver som har staat 30 dage til nitrifikation i termostat. I begge serier er anvendt to parallelkolber pr. prøve. Kolbenes indhold av ammoniak, nitrit og nitrat er undersøkt kvalitativt efter 10, 20 og 30 dages henstand i termostat ved 23—25° C. Ammoniak er bestemt ved Nessler's, nitrit ved Gries's reagens og nitrat (og nitrit) ved diphenylaminprøven. Desværre findes der os bekjendt intet reagens der er brukbart til paavisning av salpetersyre i vandige opløsninger hvor der samtidig er salpetersyring tilstede. Det meget anbefalte brucin er ikke brukbart, og forbindelsen nitron har vi heller ikke kunnet bruke. Diphenylaminprøven gir altsaa kun oplysning om indhold av nitrater i de prøver hvor Gries's prøve samtidig er negativ, men er i dette tilfælde vel anvendelig, særlig i oksydationens slutfaser, hvor nitritene er helt oksydet¹⁾.

Endelig er der utført en 3dje serie væskennitrifikationer, serie C. Denne hadde til maal at gi en oversigt over oksydationens kvantitative forløp og blev utført

¹⁾ Selvfølgelig er der altid tat hensyn til mulig Fe-reaktion.

med 100 cm.³ næringsopløsning i 500 cm.³ kolber. Ogsaa her blev inficeret med 5 gr. jord. Kolbene stod i laboratoriet ved alm. værelsetemperatur (i det følgende forkortet til V. T.) (13—18° C.), dækket av et mørkt klæde. Efter 60 dage blev væskens indhold av salpetersyre bestemt kvantitativt efter den nedenfornævnte phenol-svovlsyremetode, og dens nitritindhold bestemt kolorimetrisk kvantitativt efter Gries; ammoniak bestemtes kvalitativt efter Nessler.

Selv om disse nitrifikationsforsøk i væsker med rikelig jordinfektion viser et meget godt resultat og gir et brukbart billede av de enkelte jordprøvers meget forskjellige nitrifikationsevne, har de dog en hovedmangel: De betingelser hvorunder nitrifikationen foregaar, er altfor meget avvigende fra de naturlige betingelser. Det var derfor nødvendig at anstille nitrifikationsforsøk med selve jordprøvene. Vi anvendte herunder nogenlunde samme fremgangsmaate som *C. Olsen* (1918).

Jordprøvene blev ute i marken innsamlet i glaskar paa 1 (—2) liter. Umiddelbart efter tilbakekomsten til laboratoriet blev de tat under behandling paa følgende maate: Jorden blev først finrevet med fingrene og derpaa omhyggelig blandet. Enkelte tilfældige stener blev tat ut, men i prøver hvor stenindholdet var en karakteristisk bestanddel av jorden, blev disse selvfølgelig med i analysen. Det samme gjelder røtter og andre organiske bestanddele, og da jorden ikke blev sigtet, kan man si at den kom til analyse mest mulig med sin naturlige sammensætning. Efter blandingen blev der tat ut jord til væskekulturere, til vandbestemmelse, askebestemmelse og kvælstofanalyse.

Det „kapillære“ vand blev bestemt som vegttapet (i %) av 100 gr. frisk jord der stod til tørring i flate glasskaaler ved 18—20° C. Det „hygroskopiske“ vand blev bestemt (i %) i 20 gr. jord som blev tørret ved 95—100° C. til konstant vekt. Det herved fundne vegttap (i %) ÷ det kapillære vand er opført som hygroskopisk vand. I den saaledes tørrede jordprøve bestemtes derpaa glødetapet ved forsiktig glødning indtil konstant vekt; gløderesten er opført som aske (i %).

Den tørrede jord fra kapillærvandbestemmelsen blev finpulveriseret og benyttet til bestemmelse av totalkvælstof efter Kjeldahl; herunder fulgtes den av Carlsberglaboratoriets kemikere (*Kjeldahl, S. P. L. Sørensen*) utarbeidede metode.

Endelig blev der avveiet en række prøver à 15 gr. til bestemmelse av jordens surhetsgrad.

Resten av jorden blev saa anvendt til undersøkelse av salpetersyredannelsen. Der blev herved avmaalt 2 portioner jord à 200 cm.³ og vegten av denne jordmængde bestemt. Avmaalingen fandt sted i cylinderglas med 4.5 cm.'s diameter. Jordens tæthet under maalingen søktes holdt konstant for alle prøver derved at

glasset under sukcessiv paafyldning blev støtt ialt 15 ganger fast mot haandfilaten. I den ene av de to prøver (ser. I) blev saa indholdet av salpetersyre (NO_3) bestemt med én gang. Den anden prøve (ser. II) blev fyldt paa 500 cm.³ Erlenmeyerkolber, som blev lukket med fast vatprop og veiet. Kolbene blev derefter stillet til nitrifikation i termostat (elektrisk) ved 23—25°. Med 4—6 dages mellemrum blev kolben kontrolveiet og fordampet vand erstattet ved paafyldning av destilleret vand. Efter utløpet av 30 dage blev jordens salpetersyreindhold bestemt.

Til bestemmelse av salpetersyre i jord har vi anvendt *Grandval* og *Lajoux'* phenol-svovlsyre-metode (1885). Princippet for denne metode bestaar i at salpetersyren gjennom reaktion med svovlsyre og phenol danner pikrinsyre; denne overføres til sit ammoniumsalt, og dette bestemmes derpaa kolorimetrisk ved sammenligning med ammoniumpikrat-opløsninger av kjendt koncentration.

Metoden findes nærmere behandlet bl. a. av *F. Sutton* (1896) som *Sprengels* phenolmetode og av *Weibull* (1908). Denne sidste angir at *Reitmar* (Wien) var den første som anvendte metoden til bestemmelse av salpetersyre i akerjord og gir en nærmere beskrivelse av *Reitmars* fremgangsmaate. Senere er phenol-metoden i Skandinavien bl. a. benyttet av *Fr. Weis* og *K. A. Bonndorf* (1917), av *Carsten Olsen* (1918) og av *Barthel* (1919, 20).

I hovedsaken har vi benyttet den *Reitmar-Weibull'ske* fremgangsmaate — dog med en del modifikationer og supplering.

Den avmaalte jordprøve (200 cm.³) bringes over i en 1000 cm.³ Erlenmeyerkolbe og tilsættes 400 cm.³ dest. vand. Kolben rystes derpaa godt i 15 sekunder 6 gange med 5 minutters mellemrum. Efter endt rystning, (altsaa efter ialt 25 minutter), vil alle nitrater være oppløst (se *Buhlert* og *Fickenday* — 1906)¹⁾, og kolben staar derefter 10 min. i ro til det meste av jorden er bundfældt. Jorduttrækket filtreres derpaa gjennom foldefilter; ved langsom filtrering maa tragten dækkes med glasplate for at undgaa fordampning og en liten thymolkrystal tilsættes for at hindre bakteriel spaltning av nitratene. 200 cm.³ av det klare filtrat benyttes til kvantitativ bestemmelse av salpetersyre, og resten av filtratet anvendes til diphenylaminprøve paa nitrater og kvalitativ (og event. kvantitativ) Gries-prøve paa nitriter. Da filtratet ofte er generende sterkt farvet av humussyrer, maa disse fjernes før den kolorimetriske salpetersyrebestemmelse kan utføres. Dette opnaadde vi let og sikkert derved at vi til de 200 cm.³ filtrat satte først 20 cm.³ aluminiumacetatopslemning, og derpaa saa meget 4% Na OH-

¹⁾ Vi fandt det baade nødvendig og praktisk at benytte denne fremgangsmaate. Man faar hurtig alle nitrater oppløst og undgaar at la jorden staa længere tid med vand, hvorved nitrattap kan komme istand.

opløsning at der øieblikkelig dannedes et storflokket voluminøst bundfald (av aluminiumhydroxyd). Den herved anvendte aluminiumacetatopløsning har vi fremstillet ved opslemning av 20 gr. finpulveriseret aluminiumacetat i 1000 cm.³ destill. vand; for hurtig at faa tilstrækkelig acetat opløst, kan opslemningen kokes op. Den maa altid rystes godt før den brukes. Den mængde natronlut som gir riket og mest voluminøst bundfald, varierer med oppløsningenes alder og bør derfor bestemmes ved forsøk foran hver serie analyser. Man tilsætter herunder vekslende mængder natronlut til en række kolber med 200 cm.³ vand + 20 cm.³ acetatopslemning og vælger den meget skarpt bestemte mængde som hurtig og sikkert gir et rikt, storflokket og voluminøst bundfald; i vore forsøk har denne mængde varieret mellem 0.5 og 3.5 cm.³ 4 % NaOH. Saasnt aluminiumhydroxydet er faldt ut, rystes kolben godt et par gange, og i løpet av 5—10 min. er selv den sterkest gulfarvede oppløsning avfarvet og fullstændig vandklar. Efterat bundfaldet har sat sig, filtreres dette fra og vaskes godt ut med dest. vand. Filtrat og vaskevand forenes og tilsættes endnu et par cm.³ 4 % natronlut (altid samme mængde) til tydelig alkalisk reaktion. Det hele inddampes derpaa i porcellænskaal over vandbad omtrent til tørhet, og tilsættes saa 2 cm.³ phenolsvovlsyre (av 9 gr. rent, krystall.phenol opløst i 60 cm.³ konc. svovlsyre og ophetet paa vandbad til 100° i 6 timer). Ved hjælp av en glasspatel bringes phenolsvovlsyren i intim berøring med inddampningsresten (hele skaalens indvendige flate maa behandles), og skaalen staar paa det kokende vandbad i 10 min.; den tas derpaa av, og indholdet løses op i ca. 20 cm.³ vand, som sammen med spylevand for skaal og glasspatel bringes over i en 100 cm.³ maalekolbe. Saafremt oppløsningen er farveløs eller bare svakt farvet, tilsættes den 10 cm.³, eller om nødvendig mere, av en ammoniakopløsning (1 del konc. ammoniak + 1 del vand) til tydelig alkalisk reaktion. Tilstedeværelsen av nitrater i jorduttrækket gir sig nu tilkjende idet oppløsningen farves svakere eller sterkere gul av det dannede ammoniumpikrat. Oppløsningen tilsættes dest. vand, saa det samlede volum blir 100 cm.³.

Nitratinndholdet kan nu bestemmes idet man — eventuelt efter passende fortynding — sammenligner 10 cm.³ av oppløsningen med en farveskala, som bestaar av en række glas med 10 cm.³s oppløsninger av kjendt ammoniumpikratindhold — standardskalaen.

Standardskalaen fremstilles paa følgende maate: I 1000 cm.³ dest. vand opløses 0.7217 gr. rent og tørt kaliumnitrat (Merck). Av denne oppløsning uttas 100 cm.³ og fortyndes til 1000 cm.³; den saaledes fremkomne standardopløsning indeholder 0.01 mgr. nitratkvælstof (nitrat-N) pr. cm.³. Til 200 cm.³ vand sættes nu 10.0 cm.³ av denne oppløsning, og den derved fremkomne oppløsning,

som følgelig indeholder 0.1 mgr. nitrat-N, behandles nøiagtig paa samme maate som ovenfor beskrevet for jorduttrækket : fældning med aluminiumacetat og natronlut, filtrering, inddampning, behandling med phenol-svovlsyre og tilsætning av ammoniak. Der fortyndes derpaa til 100 cm.³, og den saaledes fremkomne opløsning indeholder altsaa pr. cm.³ en ammoniumpikratmængde som svarer til 0.001 mgr. nitratkvælstof. Av denne opløsning avmaales derpaa i en række farveløse og forøvrig helt like reagensglas 1 — 2 — 3 — 4 — .. 10 cm.³, og disse mængder bringes ved tilsætning av destilleret vand i alle glas op til 10 cm.³s volum. Reagensglassene lukkes med paraffinerte gummiprop¹⁾, nummereres fra 1 til 10 og anbringes i et kolorimeterstativ (efter S. P. L. Sørensen—1909). Standard-skalaen er dermed færdig til bruk. Naar den ikke benyttes, maa den staa i mørke og kan da holde sig længe uforandret; den bør dog fra tid til anden kontrolleres.

Med hensyn til beregningen av nitratmængden bør følgende merkes: 10 cm.³ av jorduttrækkets ammoniumpikratopløsning skal sammenlignes med skalaen, og farvestyrken identificeres med et av skalaens 10 trin, som indeholder ammoniumpikratækvivalenter fra 0.001 til 0.01 mgr. nitrat-N, stigende med 0.001 mgr. pr. trin. Ved farvesammenligning med blotte øie og i godt lys (kun godt dagslys bør brukes) kan man efter vor erfaring over hele skalaen bestemme farvedifferencer paa 1/2 skalatrin og i de bedste (centrale) dele²⁾ op til 1/4 skalatrin eller 0.00025 mgr. N. Ved skalatrin 5, svarende til 0.005 mgr. N, maa man derfor regne med en feil av $\pm 1/4$ trin, eller 0.00025 paa 0.005, altsaa $\pm 5\%$ av den fundne værdi.

Ved salpetersyrebestemmelse i jord har vi som ovenfor nævnt gaat ut fra 200 cm.³ jord. Efter rystning av denne jordmængde med vand vil dens indhold av nitrater være opløst i en vandmængde som er summen av de tilsatte 400 cm.³ vand og det med jordprøven indførte kapillær-vand. Vi har nu overført nitratmængden i 200 cm.³ av dette jorduttræk til ammoniumpikrat, og det gjælder ut fra dette at finde en formel for beregning av jordprøvens nitratindhold, idet der tas hensyn til mængden av kapillærvand.

Den søkte mængde av nitrat-kvælstof (i mgr.) pr. 1000 cm.³ jord betegnes med N, jordens litervegt (i gr.) med L og dens kapillære vand (uttrykt i vektprocent) med K.

Det kapillære vand i 200 cm.³ jord er da $\frac{KL}{500}$ cm.³ (gr.). Nitrat-kvælstoffet i

¹⁾ Korkprop maa ikke brukes, da den angripes og kan farve opløsningen.

²⁾ Farvesammenligningen gaar sikrest ved skalatrin 5—7, og man bør om mulig fortynde sin opløsning slik at disse trin kommer til anvendelse; de laveste trin 1—3 gir vanskeligere bestemmelser og bør kun benyttes hvor pikratindholdet er saa litet at man ikke kan komme høiere. Ved disse smaa mængder er det fordelagtig at anvende større væskemængder i hvert skalatrin, f. eks. 100 cm.³ paa rundkolber.

samme jordmængde ($= \frac{N}{5}$ mgr.) er følgelig fordelt paa en vandmængde av $400 \text{ cm.}^3 + \frac{KL}{500} \text{ cm.}^3$. I de 200 cm.^3 som herav tages til analyse, er der derfor $\frac{40 N}{400 + \frac{KL}{500}}$ mgr. nitrat-kvælstof.

Viser nu den kolorimetriske bestemmelse, at 10 cm.^3 av den 100 cm.^3 s ammoniumpikratopløsning svarer til skaladel a_1 og er ekvivalent a_1 ($1 \pm 0,05$) mgr. nitrat-kvælstof, saa er de 100 cm.^3 ekvivalent $10 a_1$ ($1 \pm 0,05$) mgr. Vi har følgelig:

$$10 a_1 (1 \pm 0,05) = \frac{40 N}{400 + \frac{KL}{500}} \text{ eller}$$

$$N = 100 (1 + \frac{L}{1000} \cdot \frac{K}{200}) a_1 (1 \pm 0,05) \text{ mgr.}$$

Maa den 100 cm.^3 s ammoniumpikratopløsning fortyndes til $V \text{ cm.}^3$ for at bringes ind paa skalaen, og findes 10 cm.^3 herav ekvivalent a_2 ($1 \pm 0,05$) mgr., saa faar man

$$N = V (1 + \frac{L}{1000} \cdot \frac{K}{200}) a_2 (1 \pm 0,05) \text{ mgr. (1)}$$

Ønsker man at angi nitratinholdet som mgr. nitrat, NO_3 , maa N multipliceres med ekvivalenten 4,419. Vi har angit jordens nitratinhold som mgr. NO_3 pr. 1000 cm.^3 jord og for den nødvendige utregning benyttet formel (1).

I mange jordprøver vil der, selv om det til inddampning henstillede filtrat er helt farveløst, efter phenolsvovlsyrebehandlingen optræde en generende brunfarvning, som beror paa forkulning av opløste, ufarvede organiske stoffer. Denne brunfarvning vil hindre den kolorimetriske pikratbestemmelse og gjøre metoden ubrukelig hvor nitrater er tilstede i smaa mængder. For at komme utenom denne vanskelighet har vi benyttet følgende kompensationsmetode:

Efter behandlingen med phenol-svovlsyre bringes volumet ved tilsætning av vand op til 100 cm.^3 . Av denne opløsning uttas 10 cm.^3 (a), og 9 cm.^3 av disse bringes i et reagensglas (1) ved hjælp av 1 cm.^3 dest. vand til volum 10 cm.^3 . De øvrige 90 cm.^3 s opløsning (b) tilsættes som vanlig ammoniakvand til alkalisk reaktion og bringes til 100 cm.^3 volum. Viser nu farvens styrke at der er litet pikrat tilstede, uttas herav 10 cm.^3 og anbringes i et reagensglas (2). Sammenligningen med standardskalaen utføres paa hvitt underlag i en sortfarvet reagensglasholder av træ („Komparator“ efter *Hurwitz, Meyer og Ostenberg* 1915), hvis konstruktion fremgaar av fig. 2. I denne anbringes de forskjellige glas med opløsninger som i figuren antydte, og under sammenligningen med skalaen gjennom de ovale, gjennomgaaende utboringer, vil opløsningens egenfarve kompenseres eller elimineres. Denne anordning vil praktisk talt altid gjøre det mulig at bestemme smaa nitratmængder i prøver hvor brunfarvningen ellers

helt vilde ha hindret phenolmetodens anvendelse. Benyttes denne fremgangsmaate, maa det erindres at man har uttat 10 cm.³ av den oprindelige opløsning. Med standardskalaen bestemmes derfor nitrat-kvælstoffet i $\frac{100 \div 10}{10}$, d. e. i 9 cm.³ av prøven, og findes her a mgr. nitrat-N, saa indeholder hele prøven $\frac{a}{9}$ 100 mgr. N. Er der større mængder nitrat tilstede, vil man maatte fortynde pikrat-

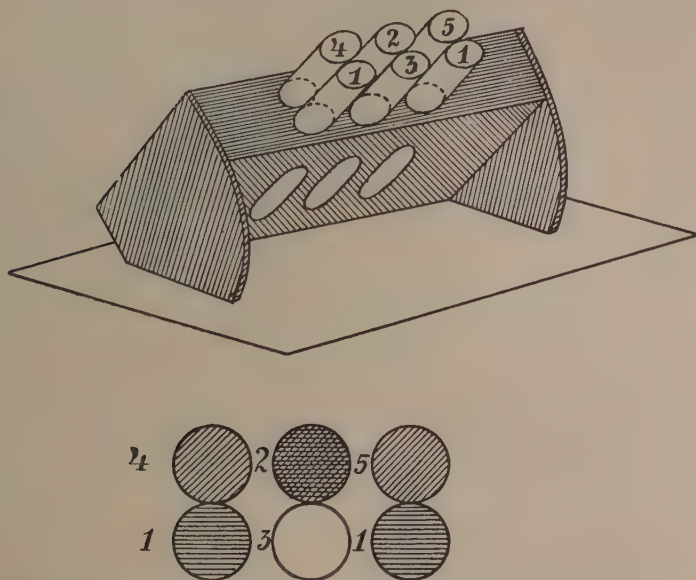


Fig. 2. Kompensationsanordning ved kolorimetrisk pikratbestemmelse.
(Ausgleichungs-Anordnung bei kolorimetrischer Pikratbestimmung).

1. Prøve med dens egenfarve — uten ammoniaktilsætning.
(Die Probe mit ihrer Eigenfarbe — ohne Ammoniakzusatz).
2. Prøve med egenfarve og pikratfarve — efter ammoniaktilsætning.
(Die Probe mit ihrer Eigenfarbe und der Pikratfarbe — nach Ammoniakzusatz).
3. Rent vand (reines Wasser).
- 4 og 5. Pikratopløsninger av standardskalaen.
(Pikratlösungen der Standardskala).

opløsningen sterkt; brunfarvningen elimineres da ved fortyndingen, og kompensationsmetoden blir unødvendig.

Av andre feilkilder eller vanskeligheter ved metodens anvendelse skal vi nævne følgende:

Som Sutton gjør opmerksom paa (1. c. — s. 264), maa der regnes med et litet tap av nitrat-N under inddampningen og behandlingen med phenolsulfosyre. Dette tap kan bestemmes nogenlunde nøiagtig, og ved altid at utføre

analysen paa samme maate, kan man faa sammenlignbare og helt brukbare resultater. En del analyser som vi utførte, viser hvor stort dette tap er:

Prøvens virkelige indhold	5.0	2.0	1.0	0.5 mgr. nitrat-N.
Fundet kolorimetrisk	4.7	1.85	0.94	0.47 — „ —
Avvigelse i %	6	7.5	6	6

Det absolute tap stiger altsaa omtrent proportionalt med mængden av behandlet nitrat-N. Det relative tap synes at være praktisk talt konstant ca. 6 %.

Et stof som ved sin tilstedeværelse maa antas at virke forstyrrende paa nitratbestemmelsen, er salpetersyring (HNO_2). *Weibull* ser rigtignok (l. c. s. 12) helt bort fra denne forbindelse, idet han sier „nitriter ge, som man lätt kan öfvertyga sig icke denna reaktion“ (d. e. pikrinsyredannelse), og *Weis* og *Bonndorf* nævner intet om nitritenes indflydelse. *Sutton* (l. c. s. 264) mener at nitriter ingen indflydelse har, „as the action of nitrous acid results in the formation of nitrosophenol $\text{C}_6\text{H}_4\text{NOOH}$, which is colourless in dilute solutions“.

Efter vore undersøkelser kan imidlertid nitriter i visse henseender virke meget forstyrrende paa analysen. Som bekjendt er phenolene karakteriseret gjennom en række farvereaktioner. Med salpetersyringholdig konc. svovlsyre gir de farvestoffer som løser sig i svovlsyre. Saafremt derfor en prøve foruten nitrater ogsaa indeholder nitriter, maa disse sidste antas at danne farvede forbindelser, som vil virke forstyrrende paa den kolorimetriske pikratbestemmelse.

Tab. 1 viser resultatene av nogen av vore forsøk, hvor vandige opløsninger (200 cm.³) av nitrit blev behandlet efter phenol-svovlsyremetoden. Som tabellen viser, kan selv 0.05 mgr. nitrit-N i en prøve gi en farvereaktion som maa virke forstyrrende hvis prøvens indhold av nitrat-N er litet. Med stigende nitritmængde maa der, som tabellen viser, større og større fortynding med vand til, forat den av salpetersyringen fremkaldte farve skal bli saa tynd at den tillater bestemmelse av smaa mængder pikrat. Her kommer desuten den kjendsgjerning til at der under behandlingen er opstaat smaa mængder salpetersyre: Saasnart nemlig salpetersyringen ved syretilsætningen frigjøres av sine forbindelser, vil en liten del av den straks oksyderes til salpetersyre, og tilstedeværelsen av nitriter i en prøve vil derfor ikke bare føre til forstyrrende farvereaktioner, men ogsaa indvirke paa salpetersyreindholdet.

Tabel 1. Farveforbindelser dannet i nitritopløsninger (NO₂) ved behandling efter phenol-svovlsyremetoden.

(Bildung von Farbstoffen in Nitritlösungen (NO₂) durch Behandlung mit Phenol-Schwefelsäure).

Nitrit-N tilsat prøven (Nitrit-N in der Probe)	Farve paa analysens forskellige trin (Farbe auf den verschiedenen Stufen der Analyse)						
	Efter phenol-svovlsyre-behandling (Nach der Behandlung mit Phenol-Schwefelsäure)	Efter tilsætning av 20 cm. ³ vand (Nach Zusatz von 20 cm. ³ Wasser)	Efter tilsætning av ammoniak (Nach Zusatz von NH ₃)	Efter videre fortynding med vand til (Nach weiterem Verdünnen mit Wasser bis auf)			
	Mgr.			100 cm. ³	200 cm. ³	400 cm. ³	1000 cm. ³
0.05	svak graaviolet (schwach grauviolett)	lys gulrød (hell gelbröt)	svak gulgrøn (schwach gelbgrün)	svak grågul (schwach graugelb) = skala 1	meget svak graa farve (sehr schwach grau)		
0.10	graaviolet (grauviolet)	gullig rød (gelblich rot)	graagrøn (graugrün)	skidden rødliggul (schmutzig rötlichgelb)	svak grågul (schwach graugelb) = skala 1		
0.20	violet (violett)	gullig rød (gelblich rot)	skidden gulgrøn (schmutzig gelbgrün)	skidden gulgrøn (schmutzig gelbgrün)	skidden rødgul (schmutzig rotgelb)	graagul (graugelb) = skala 1	
0.40	blaaviolet (blauviolet)	gullig rød (gelblich rot)	blaaviolet (blauviolet)	blaaviolet (blauviolet)	violet (violett)	violet (violett)	svak gulrød (schwach gelblichrot) = skala 1

Tabel 2. Phenol-svovlsyre-metoden anvendt paa opløsninger som samtidig indeholder nitrater og nitriter.

(Die Verwendung der Phenol-Schwefelsäure-Methode an Lösungen, die gleichzeitig sowohl Nitrate wie Nitrite enthalten).

Nitrat-N mgr.	Nitrit-N mgr.	Farve paa analysens forskellige trin. (Farbe auf den verschiedenen Stufen der Analyse)				Kolorimetrisk fundet (Kolorime- trisch gefun- den) Nitrat-N mgr.	Maalingens utførelse (Ausführung der Messung)
		Efter phenol- svovlsyre- behandlingen (Nach der Be- handlung mit Phenol- Schwefel- säure)	Efter tilsæt- ning av 20 cm. ³ vand (Nach Zusatz von 20 Cm. ³ Wasser)	Efter Tilsæt- ning av ammoniak (Nach Zusatz von NH ₃)	Efter for- tynding til 100 cm. ³ (Nach Verdünnen auf 100 Cm. ³)		
0.10	0.00	svak graalig (schwach grau)	omtrent farveløs (beinahe farblos)	gul (gelb)	gul (gelb)	0.096	let (leicht)
0.10	0.10	violet (violett)	svakt rødgul (schwach rotgelb)	gulgrøn (gelbgrün)	gul (gelb)	0.10	let (leicht)
0.10	0.20	sterk violet (tief violett)	rødlig (rötlich)	svak rødliggul (schwach rötlichgelb)	rødliggul (rötlich- gelb)	ca. 0.12	vanskelig (schwierig)
0.10	0.50	dyp blaa- violet (tief blau- violett)	sterk rødbrun (tief rot- braun)	rødligbrun (rötlich- braun)	rødviolet (rotviolett)	?	umulig (unmög- lich)
0.50	0.00	svak graaviolet (schwach grauviolett)	svak gul (schwach gelb)	gul (gelb)	gul (gelb)	0.47	let (leicht)
0.50	0.10	violet (violett)	svak rødgul (schwach rotgelb)	gulgrøn (gelbgrün)	gul (gelb)	0.48	let (leicht)
0.50	0.50	dyp blaa-violet (tief blauviolett)	rødbrun (rotbraun)	grøn (grün)	grøngul (grüngelb)	0.40	vanskelig (schwierig)

Forts.

Forts. tab. 2.

Nitrat-N mgr.	Nitrit-N mgr.	Farve paa Analysens forskellige trin (Farbe auf den verschiedenen Stufen der Analyse)				Kolorimetrisk fundet (Kolorime- trisch gefun- den) Nitrat-N mgr.	Maalingens utførelse (Ausführung der Messung)
		Efter phenol- svovlsyre- behandlingen (Nach der Be- handlung mit Phenol- Schwefel- sæure)	Efter tilsæt- ning av 20 cm. ³ vand (Nach Zusatz von 20 Cm. ³ Wasser)	Efter tilsæt- ning av ammoniak (Nach Zusatz von NH ₃)	Efter for- tynding til 100 cm. ³ (Nach Verdünnen auf 100 Cm. ³)		
0.50	1.00	sortviolet (schwarz- violett)	sterk rødbrun (tief rotbraun)	skidden gulbrun (schmutzig gelbbraun)	gulrød (gelbrot)	?	umulig (unmög- lich)
1.00	0.00	graagul (graugelb)	svak gul (schwach gelb)	gul (gelb)	gul (gelb)	0.94	let (leicht)
1.00	0.10	graaviolet (grau- violett)	gulrød (gelbrot)	gulgrønlig (gelb- grünlich)	gul (gelb)	0.93	let (leicht)
1.00	0.50	blaa violet (blau- violett)	rødbrun (rotbraun)	gulgrøn (gelbgrün)	grøngul (grüngelb)	0.80	vanskelig (schwierig)
1.00	1.00	blaa violet (blau- violett)	rødbrun (rotbraun)	olivenbrun (oliven- braun)	rødgul (rotgelb)	?	umulig (unmög- lich)

I tab. 2 er sammenstillet resultatene av en række av vore forsøk med analyse av opløsninger med varierende, men kjendt, nitrat- og nitritindhold. Det fremgaar av tabellen at metoden ved lave nitratmængder (0.10 mgr. nitrat-N) gir paa-lidelige resultater saalænge nitrit-kvælstoffet ikke overstiger den samme mængde. Ved midlere og større nitratmængder (0.5 -- 1.0 mgr nitrat-N) er metoden ubruk-bar saasnart mængden av nitrit-N naar op mot 0.5 mgr. I ethvert tilfælde viser denne tabel at phenol-svovlsyremetoden maa anvendes med kritik, og at man ved tilstedeværelse av nitriter bør gaa meget forsigtig frem. Heldigvis har man i *Piccinis* metode (1880) en fremgangsmaate som muliggjør fjernelsen av alt eller det meste av salpetersyringen ved behandling med urinstof.

Piccinis urinstofmetode har vi føiet ind i phenolsvovlsyremetoden paa følgende maate: De 200 cm.³ jordfiltrat inddampes som vanlig under alkalisk reaktion næsten til tørhet. Mens der endnu er litt væske igjen, tas skaalen av vandbadet, avkjøles omtrent til værelsets temperatur; den tilsættes 1 cm.³ av en mættet vandig urinstofopløsning og derpaa et par draaper iseddik til sur reaktion, og med en glasspatel bringes alt skaalens indhold i intim berøring med den tilsatte opløsning. Derefter anbringes skaalen igjen paa vandbad, og naar indholdet er næsten fordampet (efter ca. 5 min.), tilsættes 2 cm.³ phenol-svovlsyre, og man fortsætter som vanlig.

I følgende tabel er sammenstillet nogen av vore analyser hvor *Piccinis* metode er anvendt.

Tabel 3. Analyser utført med Phenol-svovlsyre-metoden kombinert med *Piccinis* nitritspaltning med urinstof.

(Analysen nach der Phenol-Schwefelsäure-Methode kombiniert mit *Piccinis* Nitritspaltung durch Harnstoff).

Nitrat-N mgr.	Nitrit-N mgr.	Farve paa analysens forskjellige trin. (Farbe auf den verschiedenen Stufen der Analyse).			Kolorimetrisk fundet (Kolorimetrisch gefunden) Nitrat-N mgr.
		Efter behandling med phenol- svovlsyre (Nach der Be- handlung mit Phenol- Schwefelsäure)	Efter tilsætning av 20 cm. ³ vand (Nach Zusatz von 20 cm. ³ Wasser)	Efter tilsætning av ammoniak (Nach Zusatz von Ammoniak)	
0.00	0.50	svak graa (schwach grau)	omtr. farveløs (beinahe farblos)	gul (gelb)	0.027
0.00	1.00	— " — — " —	— " — — " —	— " — — " —	0.050
0.00	2.00	— " — — " —	lyserød (hellrot)	— " — — " —	0.080
0.10	0.10	svak graa (schwach grau)	omtr. farveløs (beinahe farblos)	gul (gelb)	0.105
0.10	0.20	— " — — " —	— " — — " —	— " — — " —	0.115

Forts.

Forts. tabel 3.

Nitrat-N mgr.	Nitrit-N mgr.	Farve paa analysens forskjellige trin. (Farbe auf den verschiedenen Stufen der Analyse.			Kolorimetrisk fundet (Kolorimetrisch gefunden) Nitrat-N mgr.
		Efter behandling med phenol- svoivsyre (Nach der Be- handlung mit Phenol- Schwefelsäure	Efter tilsætning av 20 cm. ³ vand (Nach zusatz von 20 cm. ³ Wasser)	Efter tilsætning av ammoniak (Nach Zusatz von Ammoniak)	
0.10	0.50	svak graa (schwach grau)	omtr. farveløs (beinahe farblos)	gul (gelb)	0.130
0.10	1.00	— " — — " —	— " — — " —	— " — — " —	0.140
0.50	0.10	gulrød (gelbrot)	gullig (gelblich)	gul (gelb)	0.500
0.50	0.50	— " — — " —	— " — — " —	— " — — " —	0.520
0.50	1.00	graagul (graugelb)	— " — — " —	— " — — " —	0.530
0.50	2.00	graa (grau)	rødliggul (rötlichgelb)	— " — — " —	0.530
1.00	0.10	gulgrøn (gelbgrün)	gul (gelb)	sterk gul (stark gelb)	1.00
1.00	0.50	graagul (graugelb)	— " — — " —	— " — — " —	1.00
1.00	1.00	— " — — " —	— " — — " —	— " — — " —	1.00

Tabellens 3 første analyser viser os at der altid dannes smaa mængder nitrat av nitritene. Saasnart eddiksyren sætter salpetersyrlingen fri, vil en liten del av den oksyderes endnu før urinstoffet har spaltet den. Den dannede salpetersyremængde er omtrent proportional med nitritmængden. Man undgaar imidlertid i alle tabellens analyser den generende rød- eller violettfarvning; væsken blir klart gul, og den kolorimetriske pikratbestemmelse lar sig let utføre uanset

mgr. nitrat-N

$= c$

0.08

0.06

0.04

0.02

0.00

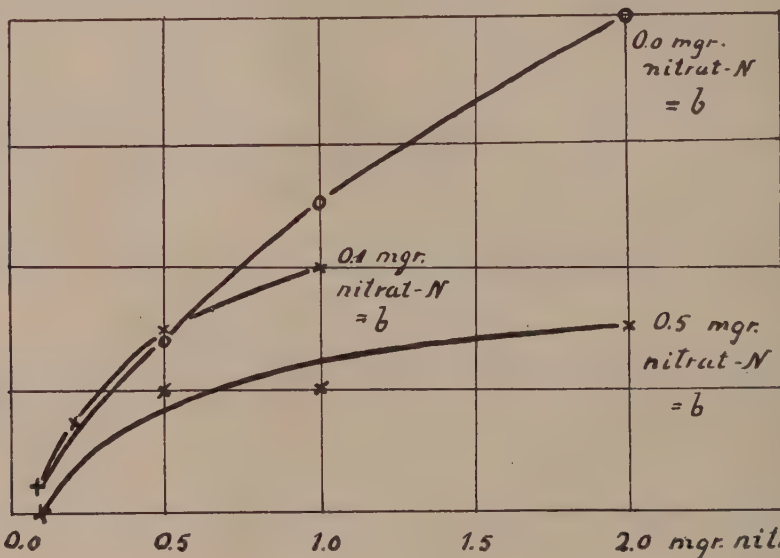


Fig. 3. Korrektionskurver visende den av nitrit dannede nitrat-N-mængde (c) ved tilstedeværelsen av b mgr. nitrat-N og a mgr. nitrit-N i analysen.

(Korrektionskurven für das in der Analyse aus Nitrite gebildete Nitrat-Stickstoff (c) — bei gleichzeitiger Anwesenheit vom b Mgr. Nitrat-N und a Mgr. Nitrit-N).

prøvens nitritindhold. Det er en let sak for enhver kombination av nitrit og nitrat at indføre en korrektion, som angir mængden av det nitrat der er dannet ved oksydation av nitritene. I fig. 3 har vi fremstillet korrektionskurver gjældende for de i tab. 3 behandlede analyserækker. Som man ser, stiger salpetersyredannelsen med stigende salpetersyrlingindhold i prøven. Korrektionen for en og samme salpetersyrlingmængde synker med stigende salpetersyremængde. Dette sidste beror bare derpaa at pikrat-opløsningen efter høit salpetersyreindhold maa fortyndes sterkt for at komme ind paa skalaen, og den relativt lille salpetersyremængde som er dannet ved oksydation av salpetersyrlingen, kan derved bli saa

meget fortyndet, at den tilslut kommer under den grænseværdi som kan bestemmes kolorimetrisk.

Under vort arbejde har vi ogsaa benyttet phenol-svovlsyremetoden til bestemmelse af nitratindholdet i en række væskekulturer. Det var nødvendig at undersøge om de i kulturvæsken indeholdte næringssalte havde nogen indflydelse paa metodens brugbarhet. Kulturvæskens sammensætning er angit s. 13, og i nedenstaaende tabel 4 er opført resultatene af vore analyser. Som det fremgaar af tabellen, har kulturvæskens indhold af anorganiske salte ingen merkbar indflydelse paa analyseresultatet. De fundne afvigelser er som regel negative, men blir nul eller positive i de analyser hvor nitritmængden er meget stor i forhold til nitratmængden.

Tabel 4. Kontrolanalyser af sterile kulturopløsninger (14 b) tilsat vekslende mængder nitrit og nitrat.

(Kontrollanalysen von sterilen Kulturflüssigkeiten denen verschiedene Mengen Nitrite und Nitrate zugesetzt sind).

Tilsat mgr. (Zugesetzt Mgr.)		Kolorimetrisk fundet (Kolorimetrisch gefunden) Mgr. Nitrat-N	Afvigelse (Differenz) %
Nitrat-N	Nitrit-N		
0.00	2.00	0.08	
0.00	5.00	0.20	
0.50	1.00	0.50	0
0.50	2.00	0.52	+ 4
2.00	0.00	2.00	0
2.00	1.00	1.90	— 5
2.00	2.00	1.90	— 5
2.00	5.00	2.00	0
5.00	0.00	4.75	— 5
5.00	1.00	4.60	— 8
5.00	2.00	4.70	— 6
5.00	5.00	4.90	— 2
5.00	10.00	5.40	+ 8
10.00	5.00	10.00	0

I det hele maa vi si at phenol-svovlsyremetoden med de her nævnte modifikationer har git fuldt brukbare resultater.

Resultatene af utførte parallelanalyser er da ogsaa som regel tilfredsstillende. I nedenstaaende tabel 5 er sammenstillet resultatene for en del parallelanalyser af prøver med forskjellig nitratindhold. Tabellen gjælder større jordprøver, som har staaet til nitrifikation i 200 dage ved værelsetemperatur (V. T). De enkelte parallelanalyser gjælder særskilte 200 cm.³ jordprøver, tat ut av disse hovedprøver.

Tabel 5. Parallelanalyser av jordprøver efter 200 dages nitrifikation ved V. T.
(Parallelanalysen von Erdproben nach Nitrifikation in 200 Tagen bei Ziminertemperatur).

Prøve (Probe)	Fortynding av pikratopløs- ningen (Verdünnung der Pikratlösung)	Standardskala Nr.	Fundet NO ₃ pr. 1000 cm. ³ jord (Gefundenes NO ₃ auf 1000 Cm. ³ Erde) mgr.	Middelværdi (Mittelwert) mgr.	Enkeltanalysenes avvigelse fra middelværdien (Abweichung der einzelnen Analysen vom Mittelwert) ‰
1 a	1 - 100	6.50	338.8	326.0	4
b	1 - 100	6.00	313.2		
2 a	1 - 100	2.00	106.7	104.1	2.5
b	1 - 20	9.50	101.4		
3 a	1 - 50	4.00	104.1	107.4	3
b	1 - 50	4.25	110.7		
4 a	1 - 20	6.00	63.3	66.0	4
b	1 - 20	6.50	68.7		
5 a	1 - 80	5.25	222.5	222.5	0
b	1 - 80	5.25	222.5		
6 a	1 - 40	6.50	158.1	158.1	0
b	1 - 40	6.50	158.1		
7 a	1 - 40	5.25	119.5	116.7	2.5
b	1 - 40	5.00	113.9		
8 a	1 - 40	4.25	91.8	91.8	0
b	1 - 40	4.25	91.8		
9 a	1 - 80	4.25	176.2	176.2	0
b	1 - 80	4.25	176.2		
10 a	1 - 100	8.25	415.3	—	—
b	—	—	—		
12 a	—	—	0.0	0.0	0
b	—	—	0.0		
c	—	—	0.0		
13 a	1 - 1	7.00	3.4	3.2	6
b	1 - 1	7.00	3.4		6
c	1 - 1	6.00	2.9		10
14 a	—	—	0.0	0	0
b	—	—	0.0		
c	—	—	0.0		
15 a	1 - 1	1	0.44	0.44	0
b	1 - 1	1	0.44		
16 a	1 - 1	1	0.44	0.44	0
b	1 - 1	1	0.44		

Forts.

Forts. av tab. 5.

Prøve (Probe)	Fortynding av pikratopløs- ningen (Verdünnung der Pikratlösung)	Standardskala Nr.	Fundet NO ₃ pr. 1000 cm. ³ jord (Gefundenes NO ₃ auf 1000 Cm. ³ Erde) mgr.	Middelværdi (Mittelwert) mgr.	Enkeltanalysenes avvigelse fra middelværdien (Abweichung der einzelnen Analysen vom Mittelwert) ‰
17 a	1 - 1	1	0.44		
b	1 - 1	2	0.88	0.66	33
18 a	1 - 50	7.25	194.3		
b	1 - 50	7.50	201.0	197.6	1.5
19 a	1 - 50	8.25	215.0		
b	1 - 50	8.00	208.2	211.6	1.5
22 a	1 - 10	3.50	20.1		
b	1 - 10	3.50	20.1	20.1	0
c	1 - 10	3.50	20.1		
23 a	1 - 50	8.50	221.3		2
b	1 - 50	8.00	208.4	217.0	4
c	1 - 50	8.50	221.3		2
24 a	1 - 50	3.50	92.0		
b	1 - 50	3.50	92.0	92.0	0
25 a	1 - 10	8.50	47.3		2
b	1 - 10	7.50	41.7	46.3	10
c	1 - 10	9.00	49.9		8
26 a	1 - 10	3.00	16.9		
b	1 - 10	3.00	16.9	16.9	0
c	1 - 10	3.00	16.9		
29 a	1 - 10	4.00	23.6		9
b	1 - 10	3.50	20.7	21.7	4
c	1 - 10	3.50	20.7		4

Det fremgaar av disse analyser at metoden gir helt brukbare resultater for undersøkelse av jordprøver, hvor man jo ikke trenger den største nøiaktighet. Og ved sin enkelhet og hurtighet muliggjør den utførelsen av mange analyser i forholdsvis kort tid.

Det maa dog fremhæves at den har enkelte svake sider; det er av den grund ved jordanalyser som regel nødvendig at anvende de av os her behandlede modifikationer, som fældning med aluminiumacetat, borteliminering av den ved phenol-svovlsyrebehandlingen eventuelt dannede brunfarve, spaltning av tilstedeværende nitritter og hensyntagen til de ved disses oksydation desuagtet dannede smaa nitratmængder.

I enkelte analyser kan man maatte ta hensyn til alle disse faktorer, i andre bare til nogen av dem. Vi har saaledes analyseret mange jordprøver med betydelig nitratindhold uten spor av nitriter; her falder altsaa hensynet til disse bort. Men vi har ogsaa hat til analyse sterkt nitrificerende jordprøver hvor der samtidig har været adskillig nitriter tilstede. Man indretter sig derfor bekvemmest slik at man av det filtrerede jorduttræk uttar smaa mængder til kvalitativ og kvantitativ salpetersyringbestemmelse efter Gries og kvalitativ salpetersyrebestemmelse med diphenylamin; den videre kvantitative analyse blir derpaa at utføre overensstemmende med utfaldet av den kvalitative prøve.

I alt har vi utført mere end 300 enkeltanalyser av jorduttræk (fordelt paa over 100 jordprøver) og henimot 150 analyser av kulturvæsker (nitrifikationsvæsker). Efter de erfaringer vi har høstet under dette arbeide, er phenol-svovlsyremetoden fuldt brukbar overalt hvor man ikke kræver resultater med større nøiagtighet end den som den tidligere nævnte bestemmelsesfeil av $\pm 5\%$ tillater. Og paa grund av sin enkelhet staar metoden foran alle andre.

Kap. II. Jordprøver og analyser.

Da hensigten med arbeidet først og fremst var at undersøke nitrifikationen i udyrket jord, er de fleste prøver tat fra lyngmark, skogmark og myr. Kun nogen faa prøver er tat fra dyrket mark, nærmest for at kontrollere analysemetodenes anvendelighet.

1. Kulturjord.

Av kulturjord er undersøkt 5 lokaliteter med tilsammen 7 prøver.

Prøvene 9 og 10 viser sig, som god kulturjord, at ha en meget sterk nitrifikationsevne. Prøve 9 er tat av de øvre 15 cm. i god, dyp havejord og prøve 10 paa samme tid i tilsvarende dybde i god akerjord, begge i Ekhaug planteskole ved Søfteland. Prøvene blev indsamlet 12. V. 1919; paa begge lokaliteter var der aaret i forveien dyrket poteter. Litervegten for nr. 9 er 1135 gr. og for nr. 10 1165 gr. Paa lokalitet 9 blev der kalket (læsket kalk) aaret iforveien, og jorden bruser svakt for saltsyre.

Disse jordprøvers store nitrifikationsevne faar sit uttryk saavel ved sterk væskennitrifikation som ved sterk jordnitrifikation. I 50 cm.³ opløsning er 10.6 mgr. N (som ammoniumsulfat) helt nitrificeret allerede efter 23 dage, og baade Gries og Nessler negativ (23° C.). Den livlige jordnitrifikation efter 30 dage ved 23° C. fremgaar av tabellen.

Tabel 6. Analyse av jordprøver.
(Erbodenanalysen).
Kulturdjord.
(Kultivierter Erdboden).

Jour- nal nr.	Sted (Ort)	Salpeter- syre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord		Nitrifikation i væske (Nitrifikation in Flüssigkeit)						Jordanalyse (Analyse der Erdprobe)						
		50 cm. ³ -30 dg. (Tage) 23—25° C.		100 cm. ³ - 60 dg. (Tage) 12—18° C.						Vand- (Was- ser) %	Gløde- tap (Glüh- ver- lust) %	Aske- (Asche) %	Kvælstof (N) (Stickstoff (N))			
		in 1000 cm. ³ Erde)		Ness- ler	Gries	Diphe- nyl- amin	Ness- ler	Gries	NO ₂ mgr.				Diphe- nyl- amin	NO ₃ mgr.	% av lufttør. jord (% von lufttø- ck- neter Erde)	gr. pr. 1 liter jord (Gr. in 1000 cm. ³ Erde)
		Straks (augen- blick- lich)	Efter 30 dg. (nach 30 Tagen)													
A	Aker- og havejord.. (Aker-und-Gartenerde)															
9	Søfteland i Os	13.0	97.5	0	0	×××	×××	×	1.0	×××	32.5	32.5	8.3	59.0	0.257	2.10
10	Søfteland i Os	45.5	211.3	0	0	×××	×××	×	1.0	×××	32.5	32.5	7.5	66.5	0.296	2.62
B	Græsmark (Wiesen)															
69	Granvin, Hardanger..	1.1	13.8	×××	×××	×××	×	×	0.6	×××	49.8	49.8	4.7	66.5	0.199	1.78
81	Norheims., Hardanger	31.2	155.6	×××	×××	×××	0	×	1.3	×××	80.4	80.4	13.4	38.1	0.996	4.13
82	—, —	20.6	84.7	×××	×××	×××	×	×	10.0	×××	58.4	58.4	9.2	46.4	0.583	3.38
83	Norheims., Hardanger	0.5	3.9	×××	0	0	×	×	5.0	×××	0.5	0.5	6.1	57.9	0.251	1.73
84	—, —	1.3	15.3	×××	×××	×××	×	×	25.0	×××	1.1	1.1	4.7	59.3	0.150	1.19

Anmk. Ved prøver som er tat i samme profil er stedsnavnet i tabellen kun gjentat ved et —"—. Hvor prøvene stammer fra for-
skjellig profil (paa samme sted) er indsamlingsstedets navn altid trykt.

I forsøk med jordnitrifikation ved V. T.¹⁾ (15° C.) hvor der av hver prøve er anvendt 500 gr. jord, indeholder nr. 9 efter 200 dage 176.2 mgr. NO₃ og nr. 10 415.3 mgr. NO₃ pr. 1000 cm.³ jord. Dette gir med fradrag av det oprindelige nitrat-indhold en produktion i 200 dage av ca. 163.2 og ca. 369.8 mgr. NO₃. Under forutsætning av at jorden i sit naturlige leie ikke laa tettere end i disse forsøk, svarer denne salpetersyremængde til henholdsvis ca. 23 og 51 kg. Na NO₃ pr. dekar og indtil 10 cm.'s dybde, altsaa meget betydelige mængder.

Prøvene fra engmark har git et meget uensartet resultat. De er alle samlet i Hardanger i den første uke av september 1919.

Prøve 69 er samlet i flat græsmark i nærheten av Selland i Granvin (2. IX). Foruten græsartene, som var slaat av og saaledes ikke kunde sikkert bestemmes, bestod vegetationen av:

Alchemilla vulgaris, *Galium boreale*, *Galium palustre*, *Geum rivale*, *Knautia arvensis*, *Menta arvensis*, *Potentilla erecta*, *Trifolium repens*, *Viola palustris*. — *Hypnum* sp. (rikelig).

Et profil av jordbunden viste:

A. 2 cm. tæt torv av røtter og mos.

B. 15—20 cm. graasort, meget muldholdig jord, „fet“ av skiferpartikler.

Prøven som blev tat av lag B hadde en litervegt av 1240 gr. Det kapillære vand var 28.10 %, det hygroskopiske bare 0.70 %. Askebestanddelene utgjorde hele 66.50 % og glødetapet bare 4.70 %.

Ved innsamlingen indeholdt jorden meget litet nitrat, kun 1.1 mgr. NO₃ pr. 1000 cm.³. Dens nitrifikationsevne er heller ikke meget stor. Med sin oprindelige fugtighet av 28.8 % gir den bare 13.8 mgr. NO₃, mens en prøve som før nitrifikationen blev bragt ned i 21.5 % vand, gir 15.1 mgr. NO₃ pr. 1000 cm.³ jord.

Væskennitrifikationen kommer hurtig og godt i gang, men selv efter 30 dg. ved 23° C., finder man Ne = XXX, Gr. = XXX og Di = XXX. I 100 cm.³ væske ved V. T. er resultatet efter 60 dg: Ne = X, Gr. = X, Di = XXX. Kvantitativt indeholder kulturen her 0.6 mgr. NO₂ og 49.8 mgr. NO₃ pr. kolbe; mere end 50 % av det givne ammonium-N er altsaa tilstede som nitrat—N.

Større interesse knytter sig til de 4 andre engprøver; to av dem (81 og 82) viser en meget sterk nitrifikation, de to andre (83—84) derimot en liten. Prøvene er samlet i Norheimsund, i skraaning under aasen paa nordsiden av Norheimvandet. Vi kommer senere tilbake til en række prøver som er samlet i denne liskraaning. Prøve 81—82 er tat i den øvre halvdel av denne skraaning i græs-

¹⁾ V. T. = værelsets temperatur (som regel 13—18° C.).

mark (slaattermark) mellem løvskogkrat; de kan da kun med reservation regnes til kultiveret jord, da marken neppe blev regelmæssig gjødslet eller bearbejdet, men dog benyttet som slaattermark.

Vegetationen var:

Alnus incana, ***Corylus Avellana***,¹⁾ *Fragaria vesca*. *Fraxinus excelsior*, ***Hypochoeris radicata***, *Melandryum rubrum*, ***Poa sp.***, *Potentilla erecta*, *Rumex Acetosa*, *Viola canina*, *V. Riviniana*.

Profil av grunden viste:

A. 4 cm. sort, noget torvagtig (av græsrotter), men god muldjord.

B. 12 cm. lysere, smaagrynet, god muldjord.

Prøve 81 er tat av A, prøve 82 av B. Litervegten av 81 er 760, av 82 1000 gr. Angaaende de øvrige data henvises til tabellen. Bemerkelsesværdig er prøvenes høje kvælstofindhold, nemlig for 81 4.13 gr. og for 82 3.38 gr. N pr. 1000 cm.³ jord.

Allerede ved indsamlingen indeholdt disse to prøver betydelige nitratmængder, nemlig 31.2 og 20.6 mgr. NO₃ pr. 1000 cm.³ jord. Denne nitratmængde er saameget mere paafaldende som prøvene blev indsamlet efter flere dages sterkt regn. Jordnitrifikation ved 23–25° C. er særdeles kraftig, og resultatet er efter 30 dage for 81 155,6 mgr. og for 82 84.7 mgr. NO₃ pr. 1000 cm.³ jord. Væskesnitrifikationen er ogsaa sterk. I 50 cm.³ ved 25° C. er efter 30 dage Ne = XXX, Gr = XXX og Di = XXX. I 100 cm.³ væske ved V. T. er resultatet efter 60 dage:

	Ne	Gr.	NO ₂	Di	NO ₃
81 ...	0	X—XXX	1.3 mgr.	XXX	80.4 mgr.
82 ...	X	XXX	10.0 „	XXX	58.4 „

I 81 finder vi altsaa 85.2 % av det givne N igjen som nitrat-N, i 82 ca. 62 %. Summen av nitrit- og nitrat-N er i 81 87.1 % av det tilsatte ammonium-N, i 82 ca. 76 %. Denne væskesnitrifikation er en av de sterkeste blandt alle vore prøver.

De to næste prøver, 83 og 84, som er samlet i samme liskraaning og bare ca. 150 m. længere ned, er sterke motsætninger til de to nævnte prøver. De er ogsaa samlet i græsmark mellem hasselskog. Vegetationen var artsfattigere:

Corylus Avellana, *Galium palustre*, *Potentilla erecta*, *Trifolium repens*, *Viola canina*, samt gramineer og starrarter (avslaat). Av moser adskillig *Hylocomium splendens* og *Polytrichum sp.*

¹⁾ Fete typer angir at vedkommende plante er den dominerende i lokalitetens trævækst eller plantesamfund.

Et jordprofil viste:

A. 12 cm. storgrynet muldjord, dog av sterkt lerlignende kvalitet.

B. 20 cm. tettere, fet jord av sterkt lerlignende utseende.

Prøve 83 er tat ira A, prøve 84 fra B. Som tabellen viser, indeholder disse to prøver ved innsamlingen kun minimale NO_3 -mængder, og deres nitrifikations-evne er liten. 83 har efter 30 dage kun 3.9 mgr. og 84 kun 15.3 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord.

Resultatene av 30 dages væskennitrifikation i 50 cm^3 ved $23-25^\circ \text{C}$. er:

	Ne	Gr	Di
83—A ...	×××	0	0
84—A ...	×××	×××	×××
83—B ...	×××	0	×××
84—B ...	×××	0—×	×××

Prøve 83 indeholder tydeligvis litet av nitrifikationsbakterier, idet den straks igangsatte kultur (A) endnu efter 30 dage ikke viser spor av nitrifikation. De kulturforsøk som blev igangsatt med den jord som hadde staatt 30 dage til nitrifikation (B), viser dog adskillig nitrifikation, og bakteriene har vel derfor under jordnitrifikationsforsøket tiltatt betraktelig i antal. Disse jordprøvers ringe indhold av nitrifikationsbakterier fremgaar ogsaa av 60 dages kulturene i 100 cm. væske:

	Ne	Gr	NO_2	Di	NO_3
83 ₆₀	×××	××	5.0 mgr.	×××	0.5 mgr.
84 ₆₀	×××	×××	25.0 "	×××	1.1 "

Disse to prøver er de eneste av de mange fra denne liskraaning som viser lav nitrifikation. Aarsaken hertil er temmelig sikkert at jorden indeholder litet av nitrifikationsbakterier. Om dette har mere tilfældige aarsaker eller beror f. eks. paa jordens noget lerlignende kvalitet er usikkert. Jordens vandindhold er noget høit, men efter vor mening neppe saa høit at aarsaken kan søkes her.

2. Blandet løvskog.

Inden denne gruppe har vi analyser av ialt 23 jordprøver fra 15 forskjellige lokaliteter. En oversigt over analyseresultatene er git i nedenstaaende tabel 7, og i det følgende skal de enkelte analyser ganske kort omtales.

Fra Lysekloster i Os er prøvene nr. 19, 20, 101 og 102. Av disse er nr. 19 og 20 innsamlet 17. VI. 1919 og 101 og 102 paa nøiagtig samme lokalitet, men sent paa høsten samme aar, 5. X. Lokaliteten er en løvskoglund like ved

hovedgaarden, hvor den relativt tætte træbevoksning hovedsagelig bestaar av ask med iblanding av en række andre løvtrær. Traktens fjeldgrund er skifer (efter *Kolderup*: Silur), og den rike vegetation har paa lokaliteten følgende sammensætning:

Acer platanoides, *Ajuga pyramidalis*, ***Anemone nemorosa***, *Anthoxantum odoratum*, *Campanula rotundifolia*, *Conopodium denudatum*, *Convallaria majalis*, *Corylus Avellana*, *Epilobium montanum*, ***Fraxinus excelsior***, *Galium palustre*, *Hieracium* sp., *Luzula campestris*, ***Melampyrum pratense***, *Orchis maculatus*, *Oxalis Acetosella*, *Paris quadrifolia*, *Poa nemoralis*, *Populus tremula*, *Ranunculus acer*, *Rubus saxatilis*, *Rumex Acetosa*, *Sorbus Aucuparia*, *Succisa pratensis*, *Trientalis europaea*, *Vaccinium Myrtillus*, ***Viola Riviniana***, av moser: diverse *Hypnum* sp., *Hylocomium* sp.

Et jordprofil viste:

A. 2—3 cm. mosfilt, blader og straa.

B. 10 cm. graasort, grynet muldjord av udmerket utseende.

C. 20 cm. tættre, noget sandblandet, lysegraa muldjord.

Prøve 19 blev tat av B., prøve 20 av C. begge 17. VI. 1919. Prøve 101 blev tat av B., prøve 102 av C., begge den 5. X. 1919 og i knapt 1.5 m.'s afstand fra 19—20. Litervegten er for prøve 19 og 101 1000 og 900 gr., for 20 og 102 1155 og 1040 gr., de øvrige data fremgaar av tabellen.

Det mest interessante ved disse prøver er den ringe nitrifikationsevne som overlaget (B) viser i forhold til underlaget (C). Ved indsamlingen indeholder overlagsprøvene (19, 101) kun 0.0 og 0.8 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord. Efter 30 dages jordnitrifikation er salpetersyreindholdet fremdeles helt ubetydelig og bare 0.6 og 1.9 mgr. Underlagsprøvene 20 og 102 har ved indsamlingen et meget lavt NO_3 -indhold, nemlig 1.0 og 1.0 mgr.; men efter 30 dages nitrifikation har disse prøver ganske betydelige mængder, nemlig 63.1 og 34.0 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord. Begge jordlag er gode jordtyper, og man leter i analysedataene for-gjæves efter noget der kan bevirke denne store forskjel. Undergrundslaget har litt lavere glødetap og høiere askegehalt, men forskjellen er liten. Man kunde tro at overgrundslagets noget høiere vandindhold kan ha hindret nitrifikationen. Dette kan dog neppe være tilfældet, idet efter vor erfaring (efter specielle forsøk med slike prøver) først en vandprocent av 45 virker helt hemmende.

Nitrifikationsforsøkene i væsker viser da ogsaa at overgrundslaget indeholder mange nitrificerende bakterier. Forsøkene med 50 cm^3 væske har efter 30 dage $\text{Ne} = \text{O}$, $\text{Gr} = \text{O}$ og $\text{Di} = \times \times \times$ baade i 19 og 20, altsaa al ammoniak forsvundet. For 101 er $\text{Ne} = \times \times \times$ og $\text{Di} = \times \times \times$ mot for 102 $\text{Ne} = \text{O}$

Tabel 7. Analyse av jordprøver.
(Erdbodenanalysen).
Blandet løvskog.
(Gemischter Laubwald).

Jour- nal nr.	Sted (Ort)	Nitrifikation i væske (Nitrifikation in Flüssigkeit)		Jordanalyse (Analyse der Erdprobe)											
		Salpeter- syre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord (Salpeter- sæure, mgr. in 1000 cm. ³ Erde)	100 cm. ³ - 60 dage (Tage) 12—18° C.												
				50 cm. ³ - 30 dg. (Tage) 23—25° C.	Gries	Ness- ler	Diphe- nyl- amin	NO ₂ mgr.	Diphe- nyl- amin	NO ₃ mgr.	Vand (Was- ser) o/o	Gløde- tap (Glüh- ver- lust) o/o	Aske (Asche) o/o	Kvælstof (N) (Stickstof-N) o/o av lufttør. jord (o/o von lufttø- ck- neter Erde)	gr. pr. liter jord (gr. in 1000 cm. ³ Erde)
		Straks (augen- blick- lich)	Efter 30 dg. (nach 30 Tagen)	Gries	Ness- ler	Diphe- nyl- amin	NO ₂ mgr.	Diphe- nyl- amin	NO ₃ mgr.	Vand (Was- ser) o/o	Gløde- tap (Glüh- ver- lust) o/o	Aske (Asche) o/o	Kvælstof (N) (Stickstof-N) o/o av lufttør. jord (o/o von lufttø- ck- neter Erde)	gr. pr. liter jord (gr. in 1000 cm. ³ Erde)	
19	Lysekloster i Os . . .	0.0	0.6	0	0—X	XXX	X—XX	1.5	XXX	37.2	38.8	9.3	51.9	0.447	2.91
20	—	1.0	63.1	0	0	XXX	X	0.6	XXX	60.6	31.5	4.5	64.0	0.176	1.46
34	Skjeldal pr. Bulken .	0.0	0.5	XXX	XXX	XXX	XXX	>10.0	XXX	4.2	41.5	8.8	49.7	0.573	3.36
35	—	0.7	21.3	XXX	XXX	XXX	XXX	>10.0	XXX	6.1	35.0	5.1	59.9	0.159	1.34
66	Granvin i Hardanger	4.2	68.4	XXX	XXX	XXX	0	0—X	< 0.1	—	28.3	5.4	66.3	0.275	2.55
67	—	2.8	20.4	XXX	XXX	XXX	XX	0—X	0.05	79.8	21.3	3.0	75.7	0.082	0.99
68	Granvin i Hardanger	19.3	85.3	XXX	XXX	XXX	0—X	0—X	<0.05	70.4	32.7	5.3	62.0	0.299	2.86
70	Granvin i Hardanger	12.3	105.4	XXX	XXX	XXX	X	0—X	< 0.1	49.1	39.8	7.5	52.7	0.405	3.00

Jour- nal nr.	Sted (Ort)	Nitrifikation i væske (Nitrifikation in Flüssigkeit)				Jordanalyse (Analyse der Erdprobe)						
		Salpeter- syre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord (Salpeter- sæure, mgr. in 1000 cm. ³ Erde)		100 cm. ³ - 60 dage (Tage) 12- 18° C.		Vand (Was- ser) o/o	Gløde- tap (Glüh- ver- lust) o/o	Aske (Asche) o/o	Kvælstof (N) (Stickstoff (N))			
		50 cm. ³ - 30 dg. (Tage) 23—25° C.		NO ₂ mgr.					o/o av lufttør. jord (o/o von lufttø- ck- net Erde)			
		Straks (augen- blick- lich)	Efter 30 dg. (nach 30 Tagen)	Ness- ler	Gries	Diphe- nyl- amin	Ness- ler	Gries	NO ₂ mgr.	Diphe- nyl- amin	NO ₃ mgr.	
71	Granvin i Hardanger	4.0	25.0	×	×	×	0	×	×	40.0	×	40.6
74	Granvin i Hardanger	14.5	107.3	0	×	×	×	×	×	0.5	×	70.0
75	— " —	15.6	114.4	×	×	×	×	×	×	0.4	×	67.1
77	Granvin i Hardanger	5.4	107.9	×	×	×	0	×	×	<0.05	×	65.4
78	Norheims. i Hardanger	13.0	55.4	0	0	×	0	0	×	<0.05	×	72.3
79	Norheims. i Hardanger	15.8	133.4	0	0	×	0	×	×	<0.05	×	80.0
80	Norheims. i Hardanger	8.9	80.7	0	×	×	0	×	×	5.0	×	67.7
85	Norheims. i Hardanger	20.7	99.2	×	×	×	×	×	×	3.0	×	55.3
94	V. Aker pr. Kristiania	37.9	280.6	0	0	×	0	×	×	0.0	×	65.8
101	Lysekloster i Os	0.8	1.9	×	×	×	×	×	×	32.5	×	9.2
102	— " —	1.0	34.0	0	×	×	×	×	×	12.5	×	45.6
115	Dolvik i Fana	0.7	9.2	×	×	×	0	×	×	0.1	0	0.0
116	— " —	0.7	28.1	0	×	×	×	×	×	22.5	×	2.0
117	Dolvik i Fana	1.0	24.0	0	0	×	×	×	×	2.5	×	63.7
120	Søfteland i Os	3.9	52.6	×	×	×	×	×	×	25.0	×	37.7

og Di = XXX, og altsaa her en sterkere nitrifikation fra underlaget. I 100 cm.³ kulturer ved V. T. er resultatet efter 60 dg.:

Nr.	Ne	Gr.	NO ² mgr.	Di	NO ³ mgr.
19	XXX	X—XX	1.5	XXX	37.2
20	XXX	X	0.6	XXX	60.6
101	XXX	XXX	32.5	XXX	9.5
102	XXX	XXX	12.5	XXX	45.6

Efter disse forsøk er der altsaa en utpræget kvantitativ forskjel paa overlages og underlagets nitrificerende evne; men overlages nitrifikation i væske er dog saa stor at det rent negative resultat av dets jordnitrifikation ikke kan forklares.

Lignende tilsynelatende uoverenstemmelser mellem jordnitrifikation og væske-nitrifikation av to nærliggende jordlag har vi fundet flere eksemplarer paa.

Nogen orienterende forsøk har vist os at denne eiendommelighet beror derpaa, at det lag som tilsynelatende har en lav jordnitrifikation, indeholder store mængder salpetersyreforbrukende organismer. Vi podet saaledes prøvene 101 og 102 i *Giltays* denitrifikationsopløsning (uten druesukker), og resultatet var efter 7 dages følgende:

	Di.	Gr.	Ne.
101	0	0	0
102	XXX	XXX	0

I løpet av 7 dg. (ved 25° C) har altsaa prøve 101's organismer „spaltet“ (eller overført til eggehvitestoffer) alt det forhaandværende nitrat; der er hverken salpetersyring eller ammoniak tilstede. Prøve 102 har rigtignok overført noget nitrat til nitrit, men saavel Di. som Gr. er her sterkt positiv, og først efter 17 dage var alt nitrat forsvundet (Di = 0). Lignende forhold har vi fundet for andre prøver. Der optraadte i disse „denitrifikationsforsøk“ ingen sterk gasutvikling, og processen er derfor neppe en typisk denitrifikation med elementært N som endeprodukt. Den er muligens snarere at opfatte som en energisk overføring av nitrat- (og nitrit-) N til organisk binding (eggehvitestoffer).

Overflatelagenes lave jordnitrifikation er i disse tilfælde (god muldjord!) kun tilsynelatende. Nitrifikationen er antagelig ogsaa i disse ganske sterk, men nitratene overføres av andre organismer hurtig til andre forbindelser. I væskeskulturer er det mulig at disse sidste organismer ikke vokser saa godt, at der blir derfor her mulighet for nogen nitratophopning. En nærmere undersøkelse av disse forhold agter vi at foreta senere.

Allerede i tabellens næste prøver, **34** og **35** møter vi noget av det samme forhold. Prøvene er tat mellem Ukvitne og Skjeldal pr. Bulken, i et litet løvskogholt i furuskog. Lokaliteten er en nordvendt helling langs en bæk og høiden ca. 300 m. o. h. Vegetationens sammensætning var følgende:

Anthoxanthum odoratum, ***Aspidium Filix mas***, *Athyrium Filix femina*, *Betula odorata*, *Cirsium heterophyllum*, ***Phegopteris Dryopteris***, ***Phegopteris polypodioides***, *Populus tremula*, *Potentilla erecta*, *Prunus Padus*, *Rubus saxatilis*, *Ranunculus acer*, *Vaccinium Myrtillus*.

Et profil av jordbunden gav her:

A. 10 cm. brunsort, grynet muldjord med talrike metemarker (*Lumbricus*).

B. 20 cm. rød grus- og sandblandet, humusfattig jord.

Prøve 34 med en litervegt av 975 gr. er tat fra lag A, prøve 35 med en litervegt av 1245 gr. fra B. Tiltrods for at A-lagets jord er langt bedre end B-lagets og bl. a. indeholder ca. 2.5 ganger saa meget kvælstof, er dets nitrat-indhold efter 30 dg. kun 0.5 mgr. mot B-lagets 21.3 mgr. pr. 1000 cm.³ jord. I væskekulturene viser begge serier (50 og 100 cm.³ væske) avgjort, omend ikke meget sterk nitrifikation. Da vandindholdet i 34 er betydelig under den kritiske 45 %-grænse, er det sandsynlig at overlages ubetydelige jordnitrifikation kun er tilsynelatende, og at de dannede nitrater hurtig omsættes av andre mikroorganismer.

Fra Granvin i Hardanger har vi en række analyser av løvskogjord som viser en gjennomgaaende meget betydelig nitrifikation. — Prøvene 66, 67 og 68 er samlet i en sydøstvendt løvskogli paa skiferfjeld i nærheten av Selland. Vegetationen var for **66—67** følgende:

Alnus incana, *Aspidium spinulosum*, *Betula verrucosa*, ***Circaea alpina***, ***Corylus Avellana***, *Fragaria vesca*, *Fraxinus excelsior*, *Geum rivale*, ***Oxalis Acetosella***, *Paris quadrifolia*, *Valeriana officinalis*, *Viola Riviniana*, *Ulmaria pentapetala*. Kun enkelte spredte *Hypnum* sp.

Et jordprofil viste:

A. 10 cm. sort, god muldjord, sterkt opfyldt av skiferpartikler.

B. 20 cm. tettere, graa muldjord, meget av finere skiferpartikler.

Paa grund av det store skiferindhold er litervegten meget høi, nemlig for 66 1250 gr. og for 67 1485 gr. Askegehalten er høi og glødetapet litet. Tiltrods for sterkt regn forut for innsamlingen, indeholder begge prøver noget NO₃, henholdsvis 4.2 og 2.8 mgr. pr. 1000 cm.³ jord. Deres jordnitrifikation er meget forskjellig, idet 66 gir 68.4 mgr. mot 20.4 for 67. Til en viss grad kan dette bero paa det høie kvælstofindhold i den utpræget muldagtige prøve 66. I

den mere skifferike 67 er kvælstofindholdet meget lavt, idet prøven hører til de faa av vore prøver hvor kvælstofmængden synker under 1 gr. pr. 1000 cm.³ jord. B-laget (67) maa indeholde store mængder av nitrifikationsbakterier da det med hensyn til væskennitrifikation staar blandt de bedste prøver idet efter 60 dg. 84.6 % av det givne ammonium-N forefindes i kulturen som nitrat-N.

Prøve 68 er tat i samme li, knapt 150 m. fra 66—67. Den blev tat under et stort lindetræ, og vegetationen var paa grund av dettes skygge mindre rik, men meget karakteristisk:

Actaea spicata, ***Circaea alpina***, *Lactuca muralis*, *Onoclea Struthopteris*. *Oxalis Acetosella*, ***Stellaria nemorum***, *Tilia cordata*, *Ulmaria pentapetala*.

Et profil viste:

- A. 15—35 cm. grynet, god muldjord med talrike, delvis større skiferpartikler.
- B. Løst skiferfjeld.

Da lindetræets bladverk beskytter mot regnskyl er utvaskningen av jorden mindre. Denne indeholdt derfor, trods rik vegetation, allerede ved innsamlingen den betydelige salpetersyremængde av 19.3 mgr. NO₃ pr. 1000 cm.³ jord. Prøven viser ogsaa en sterk nitrifikationsevne saavel i jordforsøk som i væskeforsøk.

Prøvene 70—71 er fra et litet oreholt i furuskogen ved Granvinvandets sydside. Det er her nordvendt eksposition med grundlændt, vaat jord over skiferfjeld. Vegetationen var:

Aera flexuosa, ***Alnus incana***, *Carex Goodenoughii*, *Lycopodium annotinum*. *Potentilla erecta*. *Ranunculus acer*, *Viola palustris*. Av moser: *Sphagnum* sp. (rike-
lig), *Hypnum* sp.

Et jordprofil viste:

- A. 2—4 cm. mos og torvfilt.
- B. 10 cm. sort, grynet, god muldjord, adskillig skiferblandet.
- C. 20 cm. tettere, graa jord, rik paa skiferpartikler.

Prøve nr. 70 fra B, har litervegt 1190 gr., nr. 71 fra C 1370 gr.

Mellem disse to prøver, overlag og underlag, er der kvantitativt set en stor forskjel i nitrifikationsevne. Overlaget (70) indeholder allerede fra begynnelsen av hele 12.3 mgr. NO₃ og efter 30 dg's nitrifikation 105.4 mgr. NO₃ pr. 1000 cm.³ jord; de tilsvarende tal for underlaget er bare 4.0 og 25.0. Væskennitrifikationen ved V. T. viser for overlaget efter 60 dg. det meste av ammoniakken omsat til nitrat (og dette igjen meget sterkt omsat av andre organismer), og kun smaa mængder som NO₂; underlagets nitrifikation i samme kulturserie viser derimot at ca. 57 % av det givne ammonium-N her endnu er tilstede som salpetersyring (NO₂).

De 3 gjenstaaende prøver fra Granvin (74, 75, 77) har en meget sterk og jevn nitrifikasjonsevne. Av disse er nr. 74 og 75 tat i den vestvendte li ved Granvinvandet i nærheten av Haugsnes. Lokaliteten er her frodig løvskog i sterk skraaning og jorden relativt grund forvittringsjord over skiferfjeld.

For prøvene 74 og 75 hadde vegetationen følgende rike sammensætning:

Anthoxanthum odoratum, *Athyrium Filix femina*, *Betula verrucosa*, *Carex pallescens*, ***Corylus Avellana***, ***Dactylis glomerata***, ***Fraxinus excelsior***, *Geum rivale*, *Hypericum perforatum*, *Juniperus communis*, *Lactuca muralis*, *Oxalis Acetosella*, *Poa nemoralis*, *Potentilla erecta*, *Tilia cordata*, *Ulmaria pentapetala*, *Valeriana officinalis*, ***Viola Riviniana***.

Et jordprofil viste:

A. 1 cm. mos og rotfilt.

B. 25 cm. sort, grynet, sterkt skiferholdig muldjord.

Prøve 74 blev her tat i 2—10 cm.'s dybde og 75 i 10—20 cm.'s dybde. Prøvenes litervegt er 1190 gr. (74) og 1165 gr. (75).

Begge prøver viser allerede ved innsamlingen betydelig nitratinndhold, og begge har saavel ved jordnitrifikasjon som i væsker en sterk nitrifikasjonsevne, som er praktisk talt like sterk for begge prøver. Jorden er med undtagelse av det mot dybden avtagende kvælstofindhold temmelig ensartet til 25 cm.'s dybde og har tiltrods for høit vandindhold samme nitrifikasjonsevne mindst til 20 cm.'s dyp. Begge prøver viser under behandlingen med phenolsvovlsyre rødfarvning. Det samme gjælder de før nævnte prøver 68 og 70 og den følgende prøve 77. I alle disse kraftig nitrifiserende prøver er der altsaa efter 30 dg.'s nitrifikasjon ved 25° C. utvilsomt salpetersyring (NO_2) tilstede, og de fundne NO_3 -verdier er maksimalverdier, som for en mindre del kan indbefatte NO_2 .

Den sidste Granvin-prøve, 77, er av skredjord paa nordvestsiden av elven ved Eide. Lokaliteten er en brat, sydøstvendt helling med frodig løvskogkrat av lind, hassel og ask. Prøven blev tat under et stort lindetræ, hvor vegetationen var baade arts- og individfattig:

Brachypodium silvaticum, *Melica nutans*, ***Poa nemoralis***, *Tilia cordata*.

Et jordprofil viste:

A. 25 cm. graasort, grynet, god muldjord, sterkt opfylt av sopmycel.

Prøven (77) blev tat av de øverste 10 cm. i A, dens litervegt er 1060 gr., og dens nitrifikasjonsevne er meget kraftig.

Prøvene fra Granvin blev innsamlet efter og under sterkt regnveir, og flere av dem var derfor meget vaate eller optil vandmættet. For at avgjøre om vandindholdet var saa stort at nitrifikasjonen hindredes, blev der av flere av prøvene

tørret mindre jordmængder ved utlægning av jorden paa papir i et opvarmet rum. Efterat tilstrækkelig vand var fordampet, blev der uttæt 200 cm.³ prøver til nitrifikation, parallelt med prøver hvor jorden hadde sin oprindelige fugtighed. Resultatene av disse forsøk omtales i et senere avsnit; de viste at vandindholdet i prøvene ikke var til væsentlig hindring for nitrifikationen.

Fra Dolvik i Fana er 3 prøver, nemlig nr. 115, 116 og 117.

De to første, 115—16, er samlet i aapen løvskog over skiferundergrund. Lokaliteten var sterkt græsklædt, og vegetationen bestod hovedsagelig av følgende arter¹⁾:

Alnus incana, *Betula verrucosa*, *Carex* sp., *Corylus Avellana*, *Poa* sp.; av moser *Hylocomium splendens* og *Polytrichum* sp.

Et jordprofil viste:

A. 4 cm. sort—sortbrun muldjord.

B. 12 cm. rødbrun, sandholdig muldjord.

Prøve 115 blev tat av A, 116 av B. Litervegtene er 680 gr. (115) og 1025 gr. (116).

Som tabellen viser, indeholder begge prøver ved indsamlingen ubetydelig NO₃ (0.7 mgr.). Jordnitrifikationen er i 115 svak med bare 9.2 mgr. efter 30 dage, i 116 adskillig sterkere med 28.1 mgr. NO₃ pr. 1000 cm.³ jord. Den lave nitrifikation i 115 kan for en del skyldes vandindholdet, som her naar op til 48.0 %; men væskennitrifikationen er efter 30 dage nul og efter 60 dage saa forsvindende liten, at man trygt kan gaa ut fra at denne jord (115) har indeholdt saa litet bakterier, at selv 5 gr. jordinfektion er utilstrækkelig til at bringe nitrifikationen igang.

Prøve 117 fra Dolvik er samlet samtidig (21. X) i løvskogkrat i brat fjeldskrent. Jorden er skredjord av skiferfjeld med følgende rike vegetation:

Alnus incana, *Aspidium Filix mas.*, *Betula verrucosa*, *Corylus Avellana*, ***Dactylis glomerata***, *Epilobium montanum*, *Fragaria vesca*, *Fraxinus excelsior*, *Geum urbanum*, *Oxalis Acetosella*, *Polygonatum verticillatum*, *Populus tremula*, *Sorbus Aucuparia*, *Succisa pratensis*, *Ulmaria pentapetala*, *Vicia sepium*, *Viola Riviniana*.

Jordprofilet viste her:

A. Tyndt løvdække av aarets høst.

B. 20 cm. graa, grynet, sterkt skiferblandet muldjord av god kvalitet, — nærmest skredjord fra ovenforliggende skrent.

Prøven (117) blev tat av B-lagets øverste 10 cm. og har en litervegt av 1350 gr. Tiltrods for sin meget sterke nitrifikationsevne i væskekulturer naar

¹⁾ Græsveksten avslaat og avbeitet, artene kunde ikke sikkert bestemmes.

prøven i jordnitrifikation ikke højere end 24 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord. Denne kun middelsstore nitratmængde skyldes temmelig sikkert at en del av de dannede nitrater av jordens mikroorganismer er omdannet til andre kvælstofforbindelser.

Den sidste prøve av denne jordgruppe er endelig nr. 120 fra Søfteland i Os. Prøven er tat (26. X) i et tæt holt av bjerk og or langs en liten bæk i lyngmark. Vegetationen var:

Alnus incana, *Betula verrucosa* (lave busker), *Juniperus communis*, *Poa sp.*, *Potentilla erecta*, *Rhamnus Frangula*, *Sorbus Aucuparia*, *Succisa pratensis*, *Vaccinium vitis idaea*. Av moser *Hylocomium splendens* og *Sphagnum sp.*

Et jordprofil viste:

A. 1 cm. løv og straa av aarets høst.

B. 22 cm. sort, grynet, god muldjord.

Prøven (120) er tat av B og har en litervegt av 790 gr. Den har en kraftig nitrifikationsevne saavel i jord som i væskekulturer.

Resultatet av undersøkelserne i denne jordprøvegruppe er altsaa at jordbunden i den blandede løvskog i sine øverste 20 cm. gjennomgaaende viser en kraftig nitrifikationsevne.

3. Bjerkeskog.

Fra bjerkeskog er analysert 9 prøver. De rene bjerkeskoglokaliteter viser, som det fremgaar av tab. 8, for det meste en lav eller middelshøi nitrifikation.

Prøve nr. 5 og nr. 107 fra Søfteland i Os er samlet paa samme sted henholdsvis 12. V. og 5. X. 1920. Lokaliteten er en brat, nordnordvestvendt li med aapen bjerkeskog. Vegetationen var:

Anemone nemorosa, ***Anthoxanthum odoratum***, *Betula verrucosa*, *Calluna vulgaris* (meget sparsomt), *Festuca rubra*, *Poa sp.*, *Solidago Virgaurea*, *Vaccinium Myrtillus*, *Vaccinium vitis idaea*.

Et jordprofil viste:

A. 3 cm. græstørv (12. V: med tørt bjerkeløv).

B. 10 cm. graa — sortgraa, grynet muldjord av god beskaaffenh.

C. 4 cm. tæt graa, sandblandet jord.

D. Ler.

Prøvene 5 og 107 er tat av lag B; de har en litervegt av 950 og 1000 gr. Vaarprøven (5) udmerker sig ved en temmelig god jordnitrifikation (27.9 mgr. i 30 dage), men har kun en ubetydelig væskennitrifikation efter 30

Tab. 8. Analyse av jordprøver.
(Erbodenanalysen)
Bjerkeskog.
(Birkenwald)

Jour- nal nr.	Sted (Ort)	Salpeter- syre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord	Nitrifikation i væske (Nitrifikation in Flüssigkeit)		Jordanalyse (Analyse der Erdprobe)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
			50 cm. ³ -30 dg. (Tage) 23—25° C.	100 cm. ³ - 60 dg. (Tage) 12—18° C.	Vand- (Was- ser) o/o	Gløde tap (Glüh- ver- lust) o/o	Aske- (Asche) o/o	Kvælstof (N) (Stickstoff (N))																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
								Gries Ness- ler	Diphe- nyl- amin	Gries Ness- ler	Diphe- nyl- amin	NO ₃ mgr.	Vand- (Was- ser) o/o	Gløde tap (Glüh- ver- lust) o/o	Aske- (Asche) o/o	o/o av lufttør.	gr. pr. 1 liter jord (Gr. in luftge- 1000 trock- nem. ³ eter Erde)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
5	Søfteland i Os	1.1	27.9	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

dage. Disse kulturer (50 cm.³ væske) blev derfor uttrukket over et længere tidsrum, og først efter 150—160 dage var al ammoniak forsvundet, og reaktionen var: Ne = 0, Gr = 0, Di = $\times\times\times$. Man kunde tro at den oprindelige infektion var for liten; resultatet er imidlertid det samme saavel i væskekulturer der er inficert med den oprindelige jord, som i kulturer der er inficert med jord som i 30 dg. har ligget i termostaten, og som har git 27.9 mgr. NO₃ ved jordnitrifikation. Trods mange overføringer i væskekultur har denne isolering endnu kun en svak eller helt ubetydelig nitrifikationsevne, idet der overveiende dannes nitrit og sparsomt eller ikke nitrat. Ogsaa infektionen i 100 cm.³ opløsning ved V. T. gav efter 60 dg. kun spor av nitrater. Om man her har med en bakterie at gjøre som i motsætning til bakteriene i alle vore andre prøver kun nitrificerer i jord og ikke eller svakt i væske, maa fortsatte forsøk avgjøre.

Prøve av den samme jord innsamlet i oktober gir, som tabellen viser, et helt andet resultat. Væskennitrifikationen er her om ikke sterk saa dog ganske betydelig; til gjengjæld er jordnitrifikationen praktisk talt = 0. Man kunde tro at den lave jordnitrifikation kunde skyldes den høie vandprocent som med 44.9 ligger ved den kritiske grænse. Imidlertid blev der med denne jord foretat en række jordnitrifikationer ved 6 forskjellige vandprocenter mellem 19 og 50 %. Nitrifikationen naadde i ingen av disse over den ubetydelige værdi 10 mgr. pr. 1000 cm.³ jord i 30 dg. Nitrifikationsforholdene paa denne lokalitet er derfor uklare og vil bli nærmere undersøkt; sandsynligvis finder ogsaa her et sterkt mikrobielt nitratforbruk sted.

Prøve 18 er fra Lysefjorden i Fana. Den er tat i kanten av et bjerkeholt, nær overgangen til naturlig eng. Underlaget er skifer, og vegetationen bestod av følgende arter:

Anthoxanthum odoratum, *Betula verrucosa*, *Centaurea nigra*, *Conopodium denudatum*, *Festuca rubra*, *Juniærus communis*, *Lotus corniculatus*, *Luzula campestris*, ***Melampyrum pratense***, ***Poa nemoralis***, *Potentilla erecta*. Av moser: *Dicranum sp.*, *Hylocomium sp.*

Jordprofilet viste:

A. 2 cm. græstorv.

B. 13 cm. sortgraa, god muldjord.

Prøve 18, som er tat av B-laget, har en litervegt av 940 gr. og viser en paafaldende liten jordnitrifikation. Væskeskulturene gir en betydelig nitritdannelse, men litet av nitrater. Den lave jordnitrifikation kan derfor skyldes relativ mangel paa de bakterier som overfører nitrit til nitrat; det er dog sandsynlig at det er den høie vandprocent som i første linje bevirker den lave jordnitrifikation. Nitri-

fikation i 200 dg. med 500 gr. jord gav dog den betydelige mængde av 197.6 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord.

Prøvene 23, 24, 25 og 26 er tat (23. VI) i bjerkeskog (fjeldskog) ved Mjølfjell i Raundalen, 700 m. o. h. Lokaliteten er en svakt vestvendt helling. Prøvene 23—24 er tat i middels tæt bjerkeskog med gode jordbundsforhold og relativt rik vegetation. Prøvene 25—26 er tat i ca. 100 m.'s horisontal afstand fra denne lokalitet og i mere aapen bjerkeskog med daarligere, torvrik jord og artsfattig vegetation.

Paa lokaliteten for prøve 23—24 var vegetationen følgende:

Anthoxanthum odoratum, ***Betula odorata***, *Carex sp.*, *Geranium silvaticum*, *Phegopteris polypodioides*, *Poa sp.*, *Potentilla erecta*, *Rubus saxatilis*, *Solidago Virgaurea*, *Trientalis europaea*, *Vaccinium vitis idaea*, *Viola Riviniana*.

Jordprofilet viste:

A. 2 cm. løv og straa.

B. 8 cm. sort, humusrik jord, væsentlig bestaaende av halvt formuldede bjerkeblader og desuten planterøtter.

C. 12 cm. mørkebrun, sterkt grus- og sandholdig jord.

Prøve 23 fra B har en litervegt av bare 565 gr., mens prøve 24 fra C har litervegt 965 gr.

Begge prøver nitrificerer middels godt saavel i jordprøver som i væskekulturer. Prøve 24 (underlaget) er den kraftigst nitrificerende saavel i væskekulturer som i de kortvarige jordforsøk (30 dg.). I forsøk med større jordmængder (500 gr.) som strakte sig over 200 dg. ved V. T., var dog overlaget (23) det overlegne, idet nitrifikationen her beløp sig til 217 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord mot bare 92 mgr. for underlaget (24). Aarsaken hertil er vel den at overlaget med sit rike indhold av planterester, eftersom formuldringen skrider frem, skaffer en jevnere og rikere tilgang paa avspaltet ammoniak end det mere mineralrike underlag.

Prøve 25 og 26 er tat av mere torvagtig jord med fattigere vegetation:

Carex dioica, ***Molinia coerulea***, *Potentilla erecta*, *Vaccinium uliginosum*.

Jordprofilet viste:

A. 0.5 cm. strødække av straa og blader.

B. 10 cm. meget humusrik, torvagtig jord fuld av planterøtter (*Molinia*).

C. 10—20 cm. løs, grynet, litt sandholdig muldjord av god kvalitet.

D. Grus og fjeld.

Prøve 25 fra lag B har en litervegt av 700 gr. og prøve 26 fra C en vegt av 830 gr. Disse to prøver har en relativt liten nitrifikation. Væskennitrifikationen er efter 30 dage helt negativ for begge prøver og efter 60 dage negativ for 25

og svak for 26. Jordnitrifikationen efter 30 dage er liten for begge prøver, men størst for underlaget. I nitrifikation med større jordprøver (500 gr.) i 200 dage er resultatet omvendt, idet prøve 25 gir 46.3 mgr. og prøve 26 bare 16.9 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord. Aarsaken hertil er vel den samme som ovenfor nævnt for prøve 23 og 24. Den negative eller lave væskennitrifikation beror her sikkert paa utilstrækkelig infektion som følge av sparsom forekomst av bakterier i jorden.

Prøve 76 fra Granvin i Hardanger er tat i skraaningen av den store terrasse langs elven mellem Eidet og Granvinvandet. Der var her middels tæt bjerkeskog med noget hassel. Vegetationslisten er:

Betula verrucosa, *Campanula rotundifolia*, *Corylus Avellana*, *Hieracium umbellatum*, *Hypericum perforatum*, *Poa nemoralis*, *Potentilla erecta*, ***Pteridium aquilinum***, *Solidago Virgaurea*, *Succisa pratensis*, *Viola Riviniana*; av moser: *Polytrichum* sp.

Jordprofilet viste:

A. 4 cm. sort, sterkt sandblandet muldjord.

B. 17 cm. rød sand, med iblandet fin grus.

Prøve 76, som blev tat av A-laget + de 4 øverste cm. av B-laget, hadde en litervegt av 1350 gr. Den har en middels god nitrifikation i jordforsøkene og ogsaa en betydelig væskennitrifikation; denne sidste synes dog at gaa langsomt, idet der selv efter 60 dg. overveiende er dannet bare salpetersyring.

Prøve 86 fra Trengereid er samlet i et litet bjerkeholt, som ligger i grundlænt lyngmark paa en fjeldskraaning mot sydøst. En prøve fra lyngmarken (prøve 87, se senere) viser ingen nitrifikation, mens bjerkeholtets jord har en middels god nitrifikationsevne. Vegetationen hadde følgende sammensætning:

Aera flexuosa, *Betula verrucosa*, ***Blechnum Spicant***, *Juniperus communis*, *Nardus stricta*, *Potentilla erecta*, *Vaccinium Myrtillus*, *Vaccinium vitis idaea*.

Jordprofilet viste:

A. 3—4 cm. sort, sterkt humusholdig, torvagtig jord.

B. 6—8 cm. graa muldjord.

C. Rød, jernholdig grus og sand.

Prøve 86, som blev tat av A og B i blanding, hadde en litervegt av 900 gr. Som tabellen viser, har den en middelsgod jordnitrifikation og en meget god væskennitrifikation.

Som resultat av de her fremførte analyser fra bjerkeskog fremgaar det at bjerkeskogens jord har en nitrifikationsevne som gjennomgaaende er betydelig og i enkelte tilfælde op til middels kraftig. Den ligger dog betydelig under værdiene for den i forrige avsnit behandlede

blandede løvskog. Det er forsaavidt en overensstemmelse mellem nitrifikation, jordbundsbonitet og vegetation, som den blendede løvskog, med sine typiske, mere fordringsfulde træslag som lind, ask og hassel, gjennemgaaende vokser paa jord av bedre „bonitet“ end bjerkeskogen.

4. Granskog.

Av prøver fra granskog er undersøkt 9 stykker, fordelt paa 5 lokaliteter.

Prøvene 12, 13 og 14 er tat i plantet granskog mellem Raadal og Stend (i Fana). Bestandets tæthet er meget stor; dets alder og utvikling fremgaar av en undersøkelse av *Hødal* (1914).

Jordbunden er i denne tætte granplantning over større dele helt uten vegetation. Jordprofilet viste:

- A. 1 (—2) cm. tæt strødække av uformuldede grannaaler.
- B. 2—3 cm. sort, meget humusrik jord.
- C. 20—40 cm. tæt, fin graa sand.
- D. Sten og fjeld.

Prøvene 12 og 14 blev tat fra lag B, i ca. 100 m.'s avstand fra hinanden. De har litervegtene 510 og 515 gr. og er ogsaa i alle andre egenskaper helt like. Prøve 13 blev tat av lag C ret under prøve 12; dens litervegt er 785 gr.

Samtlige 3 prøver indeholder ved innsamlingen helt ubetydelige mængder NO_3 ; og ingen av dem forøker denne mængde under de 30 dg.'s nitrifikation. Med hensyn til væskennitrifikation er der dog forskjel paa prøvene. Overlagsprøvene 12 og 14 gir ingen spor av nitrifikation i opløsningene; de indeholder altsaa praktisk talt ikke nitrifikationsbakterier. Underlagsprøven 13 derimot gir en tydelig om end ikke sterk væskennitrifikation, som dog efter 60 dg. endnu væsentlig befinner sig paa nitritstadiet. Først efter længere tids forløp formaar denne bakteriestamme at føre nitrifikationen helt til ende. Den oprindelige 50 cm.³ kultur (podet med 5 gr. jord) viste saaledes først efter 140 dg. $\text{Ne} = 0$, $\text{Gr} = 0$, $\text{Di} = \times \times \times$. En 50 cm.³ kultur podet med 5 gr. jord fra det 30 dg.'s jordnitrifikationsforsøk gav samme resultat efter 110 dg. Den svake nitrifikationsevne i denne jord fremgaar ogsaa av et forsøk med 200 dg.'s jordnitrifikation ved V.T. med 500 gr. jord. Resultatet blev for prøve 12 og 14 0.0 mgr. NO_3 og for 13 bare 3.2 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord. For de to første prøvers vedkommende skyldes dette resultat mangel paa nitrifikationsbakterier, for nr. 13's vedkommende enten mangel paa nitrificerbart kvælstof eller faa og svakt virkende bakterier. En nærmere forstaelse av denne og andre lignende prøver kan kun faaes ved nye forsøk som vil bli utført.

Tabel 9. Analyse av jordprøver.
(Erbodenanalysen)
Granskog (Fichtenwald).

Jour- nal nr.	Sted (Ort)	Salpeter- syre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord (Salpeter- sære Mgr. in 1000 cm. ³ Erde)	Nitrifikation i væske (Nitrifikation in Flüssigkeit)				Jordanalyse (Analyse der Erdprobe)									
			50 cm. ³ 30 dg. (Tage) 23—25° C.		100 cm. ³ - 60 dg. (Tage) 12—18° C.		Vand- (Was- ser) o/o	Gløde- tap (Glüh- ver- lust) o/o	Aske (Asche) o/o	Kvælstof (N) (Stickstoff (N)) o/o av lufttør- jord (% von luftge- trock- neter Erde)	gr. pr. 1 liter jord (Gr. in 1000 cm. ³ Erde)					
			Ness- ler	Gries	Diphe- nyl- amin	Ness- ler						Gries	Diphe- nyl- amin	NO ₃ mgr.	NO ₃ mgr.	
12	Stend i Fana	0.4	0.4	×××	0	×××	×××	0	0.0	0	0.0	73.0	22.5	4.5	1.280	2.08
13	— " —	0.4	0.4	×××	×××	×××	×××	>10.0	1.8	×××	1.8	30.1	14.3	53.6	0.463	2.66
14	Stend i Fana	0.4	0.4	×××	0	—	—	—	—	—	—	69.5	21.3	9.2	1.278	2.24
93	Ris pr. Kristiania	0.6	20.9	××	××	××	××	4.0	35.4	××	35.4	41.3	20.1	38.6	0.967	4.15
95	Aas pr. Kristiania	0.4	0.9	××	0	××	××	2.0	0.2	××	0.2	74.8	22.7	2.5	1.496	2.02
96	— " —	0.4	2.0	××	××	××	××	37.5	1.3	××	1.3	28.2	12.1	59.7	0.509	2.82
97	Midtstuen i V. Aker	0.4	0.8	××	0	××	0	0.0	0.0	0	0.0	70.8	26.1	3.1	1.344	1.94
98	— " —	0.4	1.8	××	××	××	××	35.5	2.5	××	2.5	12.0	5.9	82.1	0.180	1.67
99	Lysaker pr. Kristiania	0.4	1.0	××	××	××	××	60.0	2.3	××	2.3	19.6	13.7	66.7	0.398	2.78

Prøve 93 er tat i Kristianiadalen ved foten av Vettakollen ovenfor Trosterud. Hovedtræslaget her er gran, som dog er iblandet noget or. Vegetationen var:

Alnus incana, *Anemone Hepatica*, *Berberis vulgaris*, *Carex sp.*, *Geranium silvaticum*, *Hieracium sp.*, ***Melampyrum silvaticum***, ***Picea excelsa***, *Potentilla erecta*, *Rhamnus Frangula*, ***Rubus saxatilis***, *Vaccinium Myrtillus*, *Vacc. vitis idaea*, *Viburnum Opulus*, *Viola Riviniana*; av moser: ***Hypnum Schreberi***.

Jordprofilet viste:

A. Tyndt mosdække.

B. 12 cm. sortgaa, grynet, god muldjord.

Prøve 93, som blev tat av B-lagets øvre 10 cm., hadde en litervegt av 675 gr. Den viser en avgjort nitrifikasjonsevne baade i jordforsøk og i opløsninger.

Prøvene 95 og 96 er fra Kajaskogen ved Norges landbrukshøiskole i Aas. Granskogen der er av god bonitet og middels tæthet; paa det sted hvor prøvene blev indsamlet, var vegetationen:

Festuca rubra, ***Picea excelsa***, *Luzula pilosa*, *Oxalis Acetosella*, ***Vaccinium Myrtillus***. Av moser: *Dicranum scoparium*, *Hypnum Schreberi* og *Hylocomium splendens*.

Jordprofilet var:

A. 2 cm. mosdække.

B. 4 cm. litet formuldete planterester; væsentlig grannaaler og blaabær-blader.

C. 10 cm. god, sandblandet skogmuldjord.

Prøve 95, som blev tat av B-laget, viser en litervegt av bare 465 gr. mot 765 gr. for prøve 96 fra C-laget.

Overlaget (95) har praktisk talt ingen nitrifikasjonsevne i jordforsøkene og i de korte, 30 dg.'s væskeforsøk; i de 60 dg.'s væskeforsøk er der en svak, men dog tydelig nitrifikasjon. Underlaget (96) har likeledes en ubetydelig jordnitrifikasjon; væskennitrifikasjonen er her sterkere, men selv efter 60 dg. er der væsentlig dannet bare salpetersyring (NO_2).

Prøve 97—98, som er samlet i granskog ved Midtstuen i V. Aker, er saavel i nitrifikasjonsevne som i sine øvrige egenskaper meget lik de to prøver fra Aas (95—96). Lokaliteten ved Midtstuen ligger over eruptiv akerit og har middels-tæt, veksterlig granskog. Vegetationen var følgende:

Festuca rubra, *Linnaea borealis*, *Oxalis Acetosella*, ***Picea excelsa***, *Pirola secunda*, ***Vaccinium Myrtillus***, *Vacc. vitis idaea*; av moser: *Dicranum scoparium*, *Hypnum Schreberi* og ***Hylocomium splendens***.

Jordprofilet viste:

- A. 1—2 cm. mosdække.
- B. 4—6 cm. uformuldede planterester („raahumus“).
- C. 5—15 cm. grus- og sandholdig forvittringsjord av det underliggende:
- D. faste fjeld.

Prøve 97, som blev tat av B-laget, hadde en litervegt av bare 430 gr., mens prøve 98 fra C-laget veiet 1050 gr. pr. liter.

Overlaget har praktisk talt ingen nitrifikasjonsevne, i jord, og i oppløsning er nitrifikasjonen helt negativ.

Underlaget (98) har en ganske svak jordnitrifikasjon, men en betydelig væskennitrifikasjon, som dog ogsaa her selv efter 60 dg. væsentlig har dannet bare salpetersyring.

Prøve 99 er tat i Rustadskogen ved Lysaker pr. Kristiania. Det er gammel, middels tæt granskog paa silurfjeld.

Vegetationen bestod av:

Festuca ovina, *Hieracium* sp., ***Luzula pilosa***, ***Picea excelsa***, *Pirola secunda*, *Vaccinium Myrtillus*, *Vacc. vitis idaea*; av moser: *Dicranum scoparium*.

Jordprofilet var:

- A. 0.5—1 cm. mosdække og mosfilt.
- B. 20 cm. god, grynet muldjord.

Det eiendommelige ved jordprofilet er at „raahumuslaget“ mangler. Paa grund av undergrundens sammensætning (kalkrik skifer) sker formuldingen meget hurtig, og den gode skogmuldjord naar helt op til mosdækket.

Prøve 99, som blev tat av B-laget, har en litervegt av 825 gr. Jordens nitrifikasjonsevne i jordforsøkene er ubetydelig; i oppløsningen er den ganske sterk, men ogsaa her dannes væsentlig bare salpetersyring.

Gjennemgaaende er altsaa nitrifikasjonen i den ældre granskogs ofte raahumusrike jord helt ubetydelig. Væskennitrifikasjonen viser kun i én prøve rikelig nitratdannelse, forøvrig gir den overveiende nitrit (NO_2).

5. Furuskog.

Fra furuskog er der undersøkt 20 prøver, fordelt paa 9 forskjellige lokaliteter. Analysene gir, som tabel 10 viser, med hensyn til nitrifikasjonsevnen et overordentlig varierende resultat.

Tabel 10. Analyse av jordprøver.
(Erbodenanalysen.)
Furuskog (Kieferwald).

Journ al nr.	Sted (Ort)	Nitrifikation i væske (Nitrifikation in Flüssigkeit)						Jordanalyse (Analyse der Erdprobe)											
		Salpeter- syre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord		100 cm. ³ - 60 dg. (Tage) 12—18° C.				Vand- (Was- ser) %	Gløde- tap (Glih- ver- lust) %	Aske- (Asche) %	Kvælstof (N)								
		50 cm. ³ - 30 dg. (Tage) 23—25° C.		Diphe- nyl- amin	Gries	Ness- ler	Diphe- nyl- amin				NO ₂ mgr.	Græs mgr.	NO ₃ mgr.	%	gr. pr. lufttør. 1 liter jord				
Straks (augen- blick- lich)		Efter 30 dg. (nach 30 Tagen)																	
				Gries	Diphe- nyl- amin														
7	Søfteland i Os	1.1	4.7	×××	×××	×××	×××	×××	> 10.0	×	×	×	×	22.4	57.8	11.3	30.9	0.605	2.59
8	— " —	0.5	9.9	×××	×	×	×	×	> 10.0	×	×	×	×	1.7	41.8	6.8	41.4	0.318	2.01
15	Lysefjorden i Os	0.0	0.0	×××	0	0	×	×	0.0	0	0	0	0	0.0	67.5	23.0	9.5	0.720	1.65
16	— " —	0.0	0.0	×××	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—	31.3	5.0	63.7	0.094	0.86
21	Lysekloster i Os	2.6	113.0	×××	×	×	×	×	6.0	×	×	×	×	35.4	37.8	6.8	55.4	0.290	2.07
36	Skjeldal pr. Bulken st.	0.4	0.4	×××	0	0	×	×	0.0	0	0	0	0	0.0	63.7	33.5	2.8	1.346	2.08
37	— " —	0.4	0.4	×××	0	0	×	×	0.0	0	0	0	0	0.0	20.3	5.4	74.3	0.142	1.26
38	— " —	0.6	1.5	×××	0	0	×	×	0.0	0	0	0	0	0.0	24.3	5.7	70.0	0.109	0.97
39	Ukvitne pr. Bulken st.	0.4	0.4	×××	0	0	×	×	0.0	0	0	0	0	0.0	61.2	37.8	1.0	1.042	1.46

Forts. tabel 10.

Jour- nal nr.	Sted (Ort)	Straks (augen- blick- lich)	Efter 30 dg. (nach 30 Tagen)	Nitrifikation i væske (Nitrifikation in Flüssigkeit)						Jordanalyse (Analyse der Erdprobe)						
				50 cm. ³ - 30 dg. (Tage) 23—25° C.		100 cm. ³ - 60 dage (Tage) 12—18° C.				Vand (Was- ser) o/o	Gløde- tap (Glüh- ver- lust) o/o	Aske (Asche) o/o	Kvælstof (N) (Stickstoff-N)			
				Ness- ler	Gries	Diphe- nyl- amin	Ness- ler	Gries	NO ₂ mgr.				Diphe- nyl- amin	NO ₃ mgr.	o/o av lufttør, jord	gr. pr. 1 liter jord (Gr. in 1000 lufttør- cm. ³ Erde)
40	Ukvitne pr. Bulken st.	0.4	0.4	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	75.7	17.8	6.5	0.933	1.85
41	— " —	0.4	0.4	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	23.3	2.9	73.8	0.085	0.95
72	Granvin i Hardanger.	0.4	0.4	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	81.7	17.4	0.8	1.224	2.28
73	— " —	0.4	0.4	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.1	33.7	4.2	62.20	0.120	1.20
100	Lysaker pr. Kristiania	0.4	0.4	×××	0	0	×××	×××	20.0	×××	0.5	18.4	17.5	64.1	0.442	2.67
103	Lysekloster i Os.	8.8	77.3	×××	×××	×××	×××	0—×	0.2	×××	35.0	50.1	8.6	41.3	0.513	2.52
104	— " —	7.8	42.1	×××	×××	×××	×××	×××	3.5	×××	2.0	37.4	5.0	57.6	0.217	1.53
105	Søfteland i Os.	2.5	41.6	×××	×××	×××	×××	×××	50.0	×××	2.3	37.1	9.5	53.4	0.461	3.23
112	Birkeland i Fana	0.4	0.6	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	78.6	20.7	0.7	1.242	1.55
113	— " —	0.8	0.7	×××	0	0	×××	0—×	0.1	0	0.0	36.1	8.8	55.1	0.233	1.57
114	— " —	0.7	2.4	×××	×××	×—×	×××	0	0.0	0	0.0	45.7	6.9	47.4	0.204	1.36

Prøve nr. 7 og 8 er fra aapen furuskog ved Sanden pr. Søfteland st. Lokaliteten er grundlændt jord over fjeld i svak sydøstlig helding. Vegetationen havde følgende sammensætning:

Calluna vulgaris, *Empetrum nigrum*, *Juniperus communis*, *Lycopodium clavatum*, *Pinus silvestris*; av moser: *Sphagnum sp.*

Jordprofilet var her:

A. 0.5 cm. strødekke av furu- og enernaaler.

B. 2—5 cm. sort, storgrynet skogmuldjord.

B. 15 cm. lys, graabrun jord av noget fast konsistens, men ellers av godt utseende.

Prøve 7 fra B har litervegten 995 gr. og prøve 8 fra C 1070 gr.

Begge prøver har i jordforsøkene en svak nitrifikation. Dette skyldes dog for nr. 7 utvilsomt den høie vandgehalt, idet væskenitrifikationen her er ganske god. Forøvrig er væskenitrifikationen avgjort bedre med overlaget end med underlaget som podningskilde.

Tiltrods for disse prøvers svake jordnitrifikation i de kortvarige 30 dages forsøk, er deres nitrifikationsevne allikevel ganske betydelig naar forsøkene, selv med den samme vandgehalt, strækker sig over længere tidsrum. Jordnitrifikationsforsøkene med større jordmængder (500 gr.) ved V. T. gav efter 200 dage for nr. 7: 116.7 mgr. NO_3 og for nr. 8: 91.8 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord, altsaa ganske betydelige mængder.

Prøvene 15 og 16 er tat (17. VI) mellem Lysekloster og Nordvik (i Os) i aapen, sentvoksende furuskog paa grundlændt jord over grundfjeldknauser. Vegetationen var her:

Arctostaphylos uva ursi, *Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*, *Pinus silvestris*, *Vaccinium vitis idaea*, *Vacc. Myrtillus*; av lichener: *Cladonia sp.*

Jordprofilet viste:

A. 1 cm. strødekke og *Cladonia*.

B. 2—5 cm. sort, sterkt humusholdig jord, rik paa uformuldede planterester („raahumus“).

C. 7 cm. lysfarvet grus og sand, øverst i laget noget farvet fra overliggende raahumus.

D. Fast fjeld (gneis).

Prøve 15 fra B-laget har en litervegt av 635 gr. og prøve 16 fra C-laget av 1325 gr. Prøvene viser i de kortvarige jordforsøk og i væskeforsøkene absolut ingen nitrifikation, og selv de langvarige forsøk med 500 gr. jord pr. prøve gir

etter 200 dg. praktisk talt et negativt resultat, idet analysen for 15 gir 0.44 mgr. og for 16 0.44 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord.

Prøve 21, 103 og 104 er tat paa ett og samme sted i aapen furuskog i nærheten av Lysekløster (i Os). Prøve 21 er samlet 17. VI. og 103—104 den 5. X. Lokaliteten er en nordvendt, sterk helling med undergrund av skifer. Vegetationen hadde følgende sammensætning:

Alnus incana (spredt), *Alchemilla vulgaris*, *Anemone nemorosa*, *Carex* sp., *Festuca rubra*, *Galium palustre*, *Juniperus communis*, *Pinus silvestris*, ***Poa* sp.**, *Potentilla erecta*, *Vaccinium Myrtillus*, *Vacc. vitis idaea*.

Den dype, græsklædte jord viste følgende profil:

A. 2 cm. tæt rotfilt.

B. 5 cm. tæt, sort muldjord.

C. 15 cm. lysere, sandblandet jord.

Prøve 21 er tat 17. VI. av B-laget og viser en litervegt av 1135 gr., mens prøve 103, tat av B-laget 5. X. i ca. 5 m. avstand fra 21, har litervegten 990 gr. Prøve 104, tat samtidig med 103 og av C-laget, har litervegt 1080 gr.

Som det fremgaar av tabellen har prøvene fra denne lokalitet en meget sterk nitrifikasjonsevne. Prøve 21 naar i 30 dages jordnitrifikasjon helt op i 113 mgr. og prøve 103 i 77.3 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord. I underlaget (104) er nitrifikasjonen noget mindre, men allikevel ganske sterk. Den sterke nitrifikasjon i disse prøver beror antagelig paa at undergrunden bestaar av skifer.

Prøvene 36—37—38 fra Skjeldal pr. Bulken st. er samlet i ca. 280 m.'s høide o. h. Lokaliteten er en svak nordhelling med aapen, ældre furuskog iblandet asp, bjerk og litt rogn. Undergrunden er skifer, og vegetationen, som var meget artsfattig, bestod overveiende av blaabær (*Vacc. Myrtillus*). Floralisten viser:

Betula verrucosa, ***Cornus suecica***, *Festuca ovina*, *Lycopodium clavatum*, ***Pinus silvestris***, *Populus tremula*, *Sorbus Aucuparia*, ***Vaccinium Myrtillus***; av moser: *Hypnum crista castrensis*, *Hylocomium splendens*.

Jordprofilet viste:

A. 1 cm. strøedække av mos, barnaaler og blade.

B. 2—3 cm. tæt, brun torv av røtter og uformuldede plantedele (raahumus).

C. 5—8 cm. fin sand av lys, blygraa farve (blysand).

D. 20 cm. brun — gulbrun sandjord, øverst med svak sammenkitning (begyndende al-dannelse).

Prøve 36 fra B-laget har litervegt 375 gr., prøve 37 fra C-laget 1095 gr. og prøve 38 fra D-laget 1165 gr.

I prøve 36 og 37 viser jordnitrifikationsforsøkene ingen tilvekst av den fra begyndelsen helt ubetydelige nitratmængde; i prøve 38 er der en tilvekst, men den er praktisk talt uten betydning. Samtlige prøver gir helt negative resultater i væskenitrifikationen, og jordprøvene indeholder derfor enten ingen eller kun et faatal nitrifikationsbakterier.

Lignende negative resultater gir prøvene 39, 40 og 41 fra Ukvitne pr. Bulken st. Høiden over havet er 290 m., og lokaliteten har aapen furuskog paa grundlændt jord over skiferfjeld. Ved den ovenfor behandlede lokalitet (36, 37, 38) var vegetationen et typisk *Vaccinium Myrtillus*-samfund. Ved den lokalitet som her skal behandles, var den et typisk *Calluna*-samfund:

Betula verrucosa (sparsomt), ***Calluna vulgaris***, *Empetrum nigrum*, *Pinus silvestris*, *Vaccinium Myrtillus* (lav og sparsom), *Vacc. uliginosum*, *Vacc. vitis idaea*. Av moser: *Hylocomium splendens*.

Jordprofilen viste her:

- A. 1 cm. strøedække.
- B. 2—4 cm. sort, torvagtig jord væsentlig bestaaende av uformuldede *Calluna*-rester og røtter (raahumus); sterkt opfyldt av sopmycel.
- C. 1—3 cm. graabrun, tæt jord dannet ved formuldning av B under indvirkning fra D.
- D. 3—10 cm. graablaa, meget grus- og sandholdig forvittringsjord, steddannet av underliggende:
- E. Skiferfjeld.

Prøve 39 fra B har litervegt 335 gr., prøve 40 fra C 750 gr. og prøve 41 fra D 1390 gr.

For samtlige disse prøver er der ingen nitrattilvekst i jordnitrifikationsforsøkene. Og i væskenitrifikationen er utfaldet ogsaa helt negativt. Denne jord synes derfor helt at mangle nitrifikationsevne.

Det samme gjælder prøvene 72 og 73 fra Granvin i Hardanger. Disse er samlet i den nordvendte li paa Granvinvandets sydside, noget længer øst end de tidligere behandlede prøver 70—71 (blandet løvskog, tab. 7). Trods sterk helling er den grundlændte lokalitet meget vaat og bestaar for en stor del bare av et tyndt lag lyng-raahumus og *Sphagnum* over skiferfjeld.

Prøven blev indsamlet paa en ca. 1 m.² stor flek, hvor *Sphagnum* næsten manglet. Vegetationen bestod av:

Calluna vulgaris, *Empetrum nigrum*, *Juniperus communis*, *Melampyrum silvaticum*, *Pinus silvestris*, *Vaccinium Myrtillus*, *Vacc. vitis idaea*. Av moser: *Sphagnum* sp., *Hylocomium splendens*.

Jordprofilet viste:

- A. 2 cm. mos og strøddække (furunaaler).
- B. 8 cm. sortbrun, torvlignende jord av uformuldede planterester og tætte *Calluna*-røtter (raahumus).
- C. 10—15 cm. blygraa, tæt, av konsistens næsten leragtig jord, forvittringsprodukt av underliggende:
- D. Skiferfjeld.

Prøve 72 fra B har litervegt 870 gr., og 73 fra C 1425 gr.

Som det fremgaar av tabellen, er ogsaa her utfaldet av nitrifikationsforsøkene saavel i jord som væske negativt; jorden har ingen nitrifikationsevne.

Prøve 100 er tat i den før nævnte Rustadskog ved Lysaker i V. Aker. Lokaliteten er for denne prøves vedkommende ren furuskog over skiferfjeld med meget fattig vegetation:

Pinus silvestris, *Vaccinium vitis idaea*; spredte moser og cladonier.

Jordbundsprofilet viste:

- A. 4 cm. uformuldet tæt masse av furunaaler.
- B. 12 cm. grynet, god jord, litt skiferholdig.
- C. 10—15 cm. skifergrus over skiferfjeld.

Prøven, som er tat av lag B, har en litervegt av 700 gr. Den mangler helt nitrifikationsevne i jordforsøkene og de kortvarige væskeforsøk, men viser nogen nitrifikation i de 60 dages kulturer.

Prøve 105 er fra Sanden skog pr. Søfteland. Lokaliteten er aapen furuskog i nordvestvendt helling. Vegetationen var:

Calluna vulgaris, *Festuca rubra*, *Galium saxatile*, *Juniperus communis*, *Pinus silvestris*, *Potentilla erecta*, *Pteridium aquilinum*, *Vaccinium Myrtillus*, *Vacc. vitis idaea*, *Sieglingia decumbens*; av moser: *Hypnum Schreberi*, *Hylocomium splendens*.

Jordprofilet viste:

- A. 1 cm. mos og barnaaler.
- B. 10 cm. brunsort, god skogmuldjord.
- C. 12 cm. sortrød, tettere, noget sandblandet jord.

Prøven (105), som blev tat av B-laget, har en litervegt av 1050 gr. Som tabellen viser, hører den til de faa prøver av furuskogjord som har git en ganske god nitrifikation. Jordforsøkene gir efter 30 dg. 41.6 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord, og væskekulturene viser ogsaa en sterk nitrifikation, som dog selv efter 60 dg. har git væsentlig bare salpetersyring.

Prøvene 112, 113 og 114 er fra en og samme lokalitet ved Birkeland i Fana. Skogen er glissen, sentvoksende furuskog paa grundlændt jord over fjeldknauser av låbradorsten. Vegetationen var:

Calluna vulgaris, *Erica cinerea*, *Festuca ovina*, *Pinus silvestris*, *Vaccinium vitis idaea*, av moser: *Hypnum Schreberi*.

Jordprofilet viste:

- A. 7 cm. uformuldede rester av lyng og furunaaler („raahumus“).
- B. 6 cm. lysegraa, nedtil brunagtig sandholdig jord.
- C. 20 cm. sterkt rustbrunfarvet sandjord.

Prøve 112 er fra lag A, 113 fra B og 114 fra C. Deres litervegter er henholdsvis 495 gr., 1040 gr. og 1150 gr. Alle 3 prøver har liten eller ingen nitrifikasjonsevne. Raahumuslaget (112) viser absolut ingen spor av nitrifikasjonsbakterier. Det underste lag (114) har en meget svak, men sikker jordnitrifikasjon, og viser ogsaa i de kortvarige væskeforsøk sikre spor av bakterier.

De ovenfor opførte analyser viser at furuskogens øvre jordlag kan ha en meget vekslende nitrifikasjonsevne. Som oftest er denne meget liten, men noen prøver (Lysekloster og Søfteland i Os) viser dog en kraftig jordnitrifikasjon. Ogsaa i furuskog synes der at være en tydelig sammenheng mellom jordens nitrifiserende evne og vegetasjonens sammensætning.

6. Lyngmark.

Av prøver fra lyngmark har vi analysert 35, fordelt paa 25 profiler.

De to første prøver (1 og 2) kan strengt tatt ikke regnes til lyngmark, idet de er tatt i en 13 aars lerkplantning, som er foretatt paa lyngmark. Lokalteten er en forsøksplantning av østamerikansk lerk (*Larix americana*) utført 1906 med 4-aars planter. Plantningen staar i relativt dyp jord, paa et sted hvor der tidligere var bjerk; denne blev snauhugget 5 aar før plantningen, og lyng og ener indvandret hurtig. Lerkens vekst er meget god, idet den 13 aars plantning (16 aars individer) viser en gjennomsnittshøide av 6 m. Eneren holdt sig godt mellom lerketrærne og dannet tilslut et tætt krat, som blev uthugget 2 maaneder før prøvetagningen. Vegetationen paa prøvestedet var:

Blechnum Spicant, *Calluna vulgaris*, ***Juniperus communis***, ***Larix americana***, *Solidago Virgaurea*, *Vaccinium Myrtillus*, *Vacc. vitis idaea*; av moser: *Dicranum sp.*, *Hypnum sp.*

Jordprofilet viste:

- A. 1—3 cm. aapent mosdække og løst strødække av lerkenaaler.
- B. 8 cm. mørk-graasort, grovt-middelsgrovt grynet, løs muldjord av godt utseende.

C. 7—8 cm. lysere graa jord, noget tættere end B og kun litt grynet.

D. Rød jord (sterkt sandholdig).

Prøve 1 fra B har en litervegt av 825 gr. og prøve 2 fra C av 1025 gr. Begge prøver viser allerede ved innsamlingen et mindre, men sikkert indhold av NO_3 . I jordforsøkene efter 30 dg. er nitrifikationen ganske betydelig, og væskennitrifikationen er likeledes sterk. Prøve 1 fra det gode muldjordlag staar i begge tilfælde høiest.

Prøvene 3 og 4 er tat samtidig med 1 og 2, men ca. 70 m. fra disse og utenfor lerceplantningen i en tæt bevoksning av lyng og ener. Vegetationen var:

Alnus incana, ***Calluna vulgaris***, *Festuca rubra*, ***Juniperus communis***, *Myrica Gale*; av moser: rikelig *Hypnum sp.*, sparsomt *Leucobryum sp.*

Jordprofilet viste:

A. 1—2 cm. løst strøddække.

B. 5 cm. mørkgraa, grynet muldjord.

C. 20—25 cm. lys, graabrun, tæt, ikke grynet jord.

D. Rød jord (sandholdig).

Prøve 3 fra B har litervegten 875 gr. og prøve 4 fra C 1240 gr. Ogsaa begge disse prøver har en tydelig nitrifikasjonsevne, men den er her avgjort meget større i underlaget (C). Aarsaken hertil er ikke ganske klar; det er mulig at prøve 3 har et i forhold til sit mineralindhold noget for høit vandindhold, og at jordnitrifikationen av den grund er nedsat. Imidlertid synes den lave væskennitrifikasjon efter 60 dg. med bare 1.8 mgr. NO_3 mot 21.2 mgr. i 4 at tyde paa et relativt lavt indhold av nitrifikationsbakterier i prøve 3.

Som bekjendt tilskriver man i almindelighet lerken en sterkt jordforbedrende evne. Dens rike naaleavfald formolder let og danner en løs, god muldjord. Dette forhold kommer ogsaa vel frem i disse prøver. Særlig tydelig blir det naar man sammenligner jordnitrifikationen i 200 dage i 500 gr.'s jordprøver ved V. T.

Prøve 1 producerte 326.0 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord

"	2	—	104.1	— " —
"	3	—	107.4	— " —
"	4	—	66.0	—, —

Det fremgaar herav at lerceplantningens B-lag, som for en væsentlig del er dannet av eller i ethvert tilfælde er sterkt blandet med lerkenaaler, har en overordentlig sterk nitrifikasjonsevne, omtr. 3 gange saa sterk som overlaget utenfor lerceplantningen. Lerkens jordforbedrende evne faar altsaa bl. a. et godt uttrykk ved nitrifikasjonsevnen.

Tab. 11. Analyse av jordprøver.
(Erbodenanalysen).
Lyngmark (Heide-Boden).

Jour- nal nr.	Sted (Ort)	Salpeter- syre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord		Nitrifikation i væske (Nitrifikation in Flüssigkeit)						Jordanalyse (Analyse der Erdprobe)					Kvælstof (N) (Stickstof-N)				
		sæure, mgr. in 1000 cm. ³ Erde)		50 cm. ³ - 30 dg. (Tage) 23—25° C.		100 cm. ³ - 60 dage (Tage) 12—18° C.				Vand (Was- ser) % %	Gløde- tap (Glüh- ver lust) % %	Aske (Asche) % %							
		Straks (augen- blick- lich)	Efter 30 dg. (nach 30 Tagen)	Ness- ler	Gries	Diphe- nyl- amin	Ness- ler	Gries	NO ₂ mgr. amin	Diphe- nyl- amin	NO ₃ mgr.								
1	Søfteland i Os	1.7	41.3	×	×	×	×	×	0—X	< 0.2	×	×	×	20.0	49.5	14.3	36.0	—	—
2	—, —	4.2	33.7	×	×	×	×	×	×	> 10.0	×	×	×	8.7	45.5	7.8	46.7	—	—
3	Søfteland i Os	0.5	11.3	×	×	×	×	×	×	> 10.0	×	×	×	1.8	44.8	12.8	42.4	—	—
4	—, —	2.1	30.4	×	×	×	×	×	×	> 10.0	×	×	×	21.2	38.5	6.0	55.5	—	—
11	Søfteland i Os	0.0	2.3	×	×	×	×	×	—	—	×	×	×	—	38.5	14.0	47.5	—	—
17	Lysefjorden i Os ...	0.0	0.0	×	×	×	×	×	> 10.0	> 10.0	×	×	×	2.5	69.5	24.0	6.5	0.970	2.22
27	Søfteland i Os	0.2	40.0	×	×	×	×	×	> 10.0	> 10.0	×	×	×	22.5	42.8	11.5	45.7	0.610	2.86
28	Søfteland i Os	0.2	1.7	0—X	×	×	×	×	> 10.0	> 10.0	×	×	×	2.6	42.3	10.7	47.0	0.527	3.08
46	Høiland pr. Stavanger	0.4	0.4	×	×	0	×	×	0	0	0	0	0	0.0	48.8	27.8	23.4	0.787	2.10
47	—, —	0.4	0.4	×	×	0	×	×	0	0	0	0	0	0.0	15.6	6.4	78.0	0.116	1.11

48	Høiland pr. Stavanger	0.4	0.4	×××	0	0	—	—	—	—	19.9	7.0	73.1	0.163	1.60	
49	Bjerkreim i Dalene ..	0.4	0.4	×××	0—×	0	×××	0	< 0.2	0	0.0	22.5	18.4	59.1	0.457	2.93
50	Bjerkreim i Dalene ..	0.4	0.4	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	31.7	18.9	49.4	0.639	3.86
51	Bjerkreim i Dalene ..	0.4	0.4	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	20.7	19.6	59.7	0.467	2.54
52	—	0.4	0.4	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	25.4	10.3	64.3	0.313	2.32
53	—	0.4	0.4	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	30.0	9.0	61.0	0.256	1.70
54	—	0.6	0.5	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	13.1	4.1	82.8	0.091	0.87
55	Bjerkreim i Dalene ..	0.4	1.0	×××	×	×	×××	0	0.0	0	0.0	23.5	19.8	56.7	0.628	3.07
57	Bjerkreim i Dalene ..	0.4	0.4	0	×××	×××	×××	×××	>10.0	×××	3.5	26.6	20.9	52.5	0.616	3.26
60	Bjerkreim i Dalene ..	0.4	0.4	×××	×	×	×××	×	>10.0	×××	1.9	26.6	17.0	56.4	0.487	3.41
61	Bjerkreim i Dalene ..	0.4	0.4	×××	×	×	×××	×	>10.0	×××	1.5	20.5	16.7	62.8	0.456	3.01
62	Bjerkreim i Dalene ..	0.6	0.4	×××	0	0	×××	×	0.6	×	Spør	26.0	15.1	58.9	0.400	2.34
63	—	0.6	0.4	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	35.2	9.9	54.9	0.271	1.70
87	Trengereid i Bruvik..	0.4	0.4	×××	×	0	×××	×	25.0	×××	0.5	57.1	13.0	29.9	0.679	2.35
88	Holsenøen pr. Bergen	0.4	0.4	×××	×	×	×××	×	30.0	×××	4.0	49.9	10.9	39.2	0.504	2.52
89	—	0.4	0.4	×××	×	×	×××	0	0.0	×××	64.7	45.8	8.7	45.4	0.353	1.99
90	Holsenøen pr. Bergen	0.4	0.4	×××	×	0—×	×××	0	0.0	0	0.0	54.4	11.9	33.7	0.585	2.20
91	Holsenøen pr. Bergen	0.4	0.4	×××	0	0	×××	0	0.0	0	0.0	53.1	11.4	35.5	0.650	2.77
92	Holsenøen pr. Bergen	0.4	0.9	×××	0	0	×××	×	3.0	×××	0.2	34.8	10.8	54.4	0.333	2.17
108	Birkeland i Fane....	0.9	0.7	×××	×	×	×××	×	22.5	×××	1.0	74.2	15.5	10.0	1.306	2.87
109	—	0.4	0.6	0	×	×	×××	×	15.0	×××	1.0	49.2	11.3	39.5	0.458	2.67
110	Birkeland i Fane....	3.2	146.2	0	×	×	×××	×	32.5	×××	2.0	61.4	28.2	10.4	1.772	5.59
111	Birkeland i Fane....	0.4	1.6	×××	0	0	×	×	5.0	×××	1.0	46.3	15.5	38.2	0.700	2.70
118	Søfteland i Os	0.4	9.1	×××	0	×	×××	×	3.8	×××	48.4	71.6	16.0	12.4	1.516	3.90
119	Søfteland i Os	0.4	0.8	×××	×	×	×××	×	0.1	0—×	0.1	45.8	14.2	40.0	0.645	3.16

Prøve 11, 27 og 28 er fra Søfteland i Os. De er tat i en parcel av lyngmark hvor der 1907 blev plantet gran. Denne har siden staat i stampe og er først i de sidste aar kommet i vekst. Maksimalhøiden av trærne er dog endnu bare 1 m., og lyngen (*Calluna*) dominerer vegetationen. De 3 prøver er tat paa forskjellige steder i 5—10 m.'s indbyrdes afstand. Prøve 11 (12. V.) og prøve 28 (29. VI.) er tat i 10 m.'s afstand fra hinanden, begge paa steder hvor lyngen dominerer. Vegetation og jordprofil er de samme for begge prøver og viste følgende:

Aera flexuosa, *Anemone nemorosa* (kun ved 11), *Alnus incana* (enkelte smaa busker ved 11), *Betula verrucosa* (lavt krat), ***Calluna vulgaris***, *Carex sp.*, *Molinia coerulea*, *Picea excelsa* (plantet), *Poa sp.* (sparsomt), *Potentilla erecta*, *Pteridium aquilinum*.

Jordprofilet var:

A. Tyndt strødække av græsstraa.

B. 10 cm. sortbrun, grynet jord av godt muldagtig utseende.

C. Brun, sandblandet muldjord.

Prøve 11 og 28 er tat fra B; de har en litervegt av henholdsvis 740 og 1010 gr. Som tabellen viser, har begge prøver en meget liten jordnitrifikation. Væsknitrifikationen er ganske betydelig, men synes overveiende bare at føre til salpetersyring.

Prøve 27 er samlet samtidig med 28 og bare 5 m. fra prøve 11 og 10 m. fra prøve 28. Den blev tat paa en ca. 4 m.² stor flate i lyngmarken, hvor vegetationen hadde en noget rikere sammensætning end ved 11 og 28:

Aera flexuosa, ***Anemone nemorosa***, *Betula verrucosa*, *Carex pallescens*, *Hypericum pulchrum*, ***Majanthemum bifolium***, *Picea excelsa*, *Potentilla erecta*, *Pteridium aquilinum*, *Rhamnus Frangula*, *Salix aurita*.

Jordprofilet er nøiagtig tilsvarende det som ovenfor er skildret for prøvene 11 og 28, og prøven som blev tat i B-laget, har en litervegt av 975 gr. Som tabellen viser, er denne prøve tiltrods for at den er tat saa nær de to andre prøver og i fuldstændig tilsvarende jordlag, allikevel meget forskjellig fra disse ved sin relativt sterke nitrifikasjonsevne. Ved jordnitrifikationen er der dannet 40.0 mgr. NO₃ pr. 1000 cm.³ jord mot 2.3 og 1.7 i de to andre. Og væsknitrifikationen efter 60 dg. viser et tilsvarende høit nitratresultat: 22.5 mgr. mot 2.6 for 28. Det er av adskillig interesse at se at der i 3 tilsynelatende saa likeartede jordlag og med bare faa meters horisontalavstand kan være saa stor forskjell i nitrifikasjonsevne. Vi maa merke os at der samtidig hermed er en parallel forandring i vegetationen, idet lyngen er helt borte fra den nitrificerende prøve, og arter som *Majanthemum bifolium* og *Anemone nemorosa* er blit dominerende.

Prøve 17 er tat av grund jord over fjeldknauser (gneis) mellem Lysekloster og Nordvik (i Os). Vegetationen bestod udelukkende av *Calluna vulgaris*.

Jordprofilet var:

A. 2—4 cm. tæt, fast lyngtorv (raahumus).

B. 3—8 cm. forvittringsgrus.

C. Fast fjeld.

Prøve 17, som er tat av A, har en litervegt av 675 gr.

Tabellen viser at prøven helt mangler jordnitrifikation i 30 dages forsøkene. Nitrifikationsforsøk med store jordmængder, 500 gr. jord ved V. T., gav efter 200 dg. praktisk talt negativt resultat, idet der ved utløpet av denne tid kun fandtes 0.66 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord. Væskeforsøkene gir en langsom, men tydelig nitrifikation, som dog kun fører til nitriter (NO_2).

Prøvene 46—47—48 er tat mellem Myren og Oslien i Høiland pr. Stavanger. Lokaliteten er en granplantning i typisk veksthemning paa underlag av glacial morænedannelse. Den paa naboparcellen plantede furu viser her god vekst, men granen (antagelig 15 aars plantning) staar endnu og sturer og naar kun en maksimalhøide av 30—40 cm. Vegetationen i den sturende granplantning var:

Arctostaphylos uva ursi, *Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*, *Festuca ovina*, *Potentilla erecta*, *Trientalis europaea*, *Vaccinium uliginosum*.

Jordprofilet viste:

A. Tyndt strøddække.

B. 5 cm. torvagtig, noget sandholdig jord.

C. 4 cm. sort, sterkt sandholdig jord.

D. 10 cm. lysegraa sand (blysandlignende).

E. 1—2 cm. brun, grusholdig jord med spor av sammenkitning (begyndende aldannelse).

F. dyp, rødbrun sand.

Prøve 46 er tat av B, prøve 47 av D (med litt av C) og prøve 48 av E + F. Deres litervegte er henholdsvis 480 gr., 1125 gr. og 1165 gr.

Tabellen viser at samtlige 3 prøver fuldstændig mangler nitrifikationsevne saavel i jordforsøkene som i væskeforsøkene.

Prøve 49 og prøve 50 er fra Hetland i Bjerkreim i Dalene. De er tat i ca. 300 m.'s horisontalavstand i fuldstændig ensartet lyngmark over glacial morænedannelse. Den fattige vegetation hadde følgende sammensætning, som er karakteristisk for de store lyngmarker i dette distrikt:

Aera flexuosa, ***Arctostaphylos uva ursi***, ***Calluna vulgaris***, *Campanula rotundifolia*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, *Lotus corniculatus*, *Nardus stricta*, *Potentilla erecta*, *Pteridium aquilinum*, *Vaccinium vitis idaea*.

Ekspositionen er begge steder sydvestvendt helling, og jordprofilen viste:

- A. 0.5 cm. strødække av *Arctostaphylos*-blader.
- B. 20 cm. mørkegraa, sterkt sandholdig muldjord (med metemarker).
- C. 10—20 cm. lysebrun sand og grus.
- D. Hvitgraa grus og sand.

Jordprofilen er eiendommelig ved den fuldstændige mangel paa raahumus; formuldingen synes at gaa meget hurtig.

Prøve 49 og 50 er begge tat av B-laget paa to knapt 300 m. fra hinanden liggende steder. Deres litervegt er 770 og 825 gr. Begge mangler nitrifikations-evne saavel i jord- som væskeforsøk.

Prøvene 51, 52, 53 og 54 er tat paa „Tangen“ i lille Egevand mellem Tengesdal og Hetland (i Bjerkreim). Tangen er en stor morænedannelse, som er beplantet med furu og gran. Furuen viser en god, sund vekst og har som 16 aar gammel plantning en gjennemsnitshøide av 4.5 m. De forskjellige granfelter viser derimot alle en typisk veksthemning. I den granplantning hvor nævnte prøver er tat er granene trods plantningens alder (16 aar) endnu i veksthemning, men dog med begyndende tegn til bedre vekst (se fig. 1); deres gjennemsnitshøide er kun 40 cm. (mot 4.5 m. hos jevnaldrende furu).

Feltets vegetation var artsfattig og ensformig:

Arctostaphylos uva ursi, ***Calluna vulgaris***, *Cornus suecica*, *Erica tetralix*, *Potentilla erecta*, *Pteridium aquilinum*, *Succisa pratensis*.

Jordprofilen var:

- A. 0.5 cm. strødække av lyngblader.
- B. 5 cm. løs, sterkt sandblandet, mere eller mindre torvagtig jord av sortgraa farve.
- C. 9—10 cm. meget sandholdig jord av graa — svakt brunlig farve.
- D. 10 cm. sterkt brun jord med grov sand.
- E. Meget grov, brun sand.

Prøve 51 er fra B, 52 fra C, 53 fra D og 54 fra E. Litervegtene var: 645 gr. (51), 825 gr. (52), 890 gr. (53) og 1205 gr. (54).

Samtlige 4 prøver gir et helt negativt resultat ved nitrifikationsforsøkene.

Prøve 55 er tat bare ca. 10 m. fra de ovennævnte prøver, men nede i den frodige furuplantning. Der var her en næsten vegetationsløs skogbund med et tykt lag av uformuldete furunaaler, hvori der vokste spredte eksemplarer av:

Calluna vulgaris, *Erica tetralix*, *Vaccinium vitis idaea*.

Jordprofilet var:

- A. 2—4 cm. strødække av furunaaler.
- B. 8 cm. sandholdig, graa jord av litt torvagtig beskaffenhet.
- C. 10 cm. graa — svakt brunlig, sandholdig jord.
- D. 12 cm. brun, grov sand.

Prøve 55 er tat av lag B og har en litervegt av 605 gr. Dens nitrifikations-evne er sikker, omend meget liten. Der er efter 30 dages jordnitrifikation dannet en nitratmængde av 1.0 mgr. pr. 1000 cm.³ jord. De 30 dages vækenitrifikationsforsøk viser av 6 kolber 3 med middels-sterk nitrit- og nitratdannelse, de andre 3 er negative; de 60 dages væskekulturer gir negativt resultat. Bakterieindholdet i denne jord er øiensynlig saa litei at uttagning av 5 gr. jord til podning kun i 50 % av kolbene har medført nitrifikationsbakterier.

Prøve 57 er fra den samme morænedannelse som ovennævnte prøver, men i en anden granplantning (av samme alder som ved 51—54), hvor veksthemningen har været relativt kortvarig, og hvor granen nu er i god vekst med en høide fra (0.5—) 1—2 (—3.5) m. Prøven er tat like ved siden av en av de frodigste og største graner.

Vegetationen var artsfattig:

Arctostaphylos uva ursi, ***Calluna vulgaris***, *Potentilla erecta*, *Pteridium aquilinum*.

Jordprofilet var:

- A. 0.3 cm. strødække av lyngblader.
- B. 12 cm. sort-graasort, sterkt sandblandet, god muldjord (med metemark).
- C. Brunere og mere sandholdig jord, dog fremdeles av muldkarakter.

Prøve 57 er fra lag B og har en litervegt av 670 gr. Den viser ingen nitrifikation i jordforsøkene, men en ganske tydelig nitrifikation i alle væskekulturer (ialt 8 kolber i 4 serier). I de 30 dages væskekulturer podet med jorden like efter innsamlingen er nitrifikationen meget kraftig, idet al ammoniak er forsvundet efter 30 dage. Efter 100 dg. (hvorav de sidste 70 ved V. T.) er ogsaa al salpetersyring forsvundet, og kolben viser $\text{Ne} = 0$, $\text{Gr} = 0$, $\text{Di} = \times \times$.

Det er ganske paafaldende at man i denne jord hvor granene er kommet i god vekst, finder en betydelig nitrificerende evne ved væskeforsøk. Mangelen av jordnitrifikation i forsøkene lar sig foreløbig kun forklare ved et sterkt mikrobielt nitratforbruk.

Prøvene 60 63 er fra samme plantefelt (Hetlandsfeltet), men tat i en gran-

plantning oppe i dalen mot gaarden Vold. Undergrunden er fremdeles glaciale avleiringer av sand og grus.

Prøve 60 er fra en edelgranplantning, hvor de enkelte planter endnu var smaa (maks. 0.5 m.) og den oprindelige vegetation derfor endnu dominerende:

Arctostaphylos uva ursi, *Calluna vulgaris*, *Hypericum pulchrum*, *Lathyrus montanus*, *Potentilla erecta*, *Pteridium aquilinum*, *Succisa pratensis*, *Vaccinium vitis idaea*.

Jordprofilet var:

A. Tyndt strødække.

B. 12 cm. graa — sortgraa, meget sandholdig muldjord.

D. Brun sandjord, tildels grov sand.

Prøve 60, som blev tat av B-laget, har en litervegt av 895 gr. Den har ingen jordnitrifikation, men en ganske kraftig nitrifikation i væske; processen fører dog ogsaa her i løpet av 60 dage næsten bare til salpetersyring.

Prøve 61, 62 og 63 blev tat i en nærliggende plantning av alm. gran. Prøve 61 er fra et mindre, begrænset omraade, hvor granen var kommet ut over veksthemningen og hadde naadd en høide av 2—3 m. Vegetationen var den samme som ved prøve 60, men desuten med noget *Vaccinium Myrtillus*.

Jordprofilet viste:

A. Tyndt — næsten forsv. dende strødække.

B. 10—12 cm. god sandholdig muldjord, av grynet struktur og med metemark og kjølmark.

C. Brun sandjord.

Prøven (61), som blev tat av lag B, har en litervegt av 785 gr. Den viser i forsøkene ingen jordnitrifikation, men en ganske kraftig væskennitrifikation, som dog ved V. T. — selv efter 60 dage — væsentlig kun er naadd til salpetersyringstadiet.

Prøve 62 og 63 blev tat bare 20 m. fra prøve 61, men paa et sted hvor granen endnu var i den mest typiske veksthemning og neppe naadde over lyngen. Vegetationen var fremdeles den samme som ovenfor nævnt for prøve 60, og jordprofilet viste:

A. Tyndt strødække.

B. 10—13 cm. graa, noget sandholdig jord.

C. Brun sandjord.

Prøve 62 fra B har en litervegt av 750 gr. og prøve 63 fra C en vekt av 890 gr. Begge har praktisk talt hverken jordnitrifikation eller væskennitrifikation. Der er altsaa her en utpræget forskjell i nitrifikationsevne (for væskeskulturer) mellem jorden fra 57 og 61, hvor granen

er i god vekst, og jorden fra 51—54 og 62—63, hvor der endnu er den mest uttalte veksthemning.

Prøve 87 er fra Trengereid i Brudvik. Den er tat av grund, delvis vaat jord over fjeldknauser i brat østvendt helling.

Vegetationen var et typisk lyngsamfund med ener:

Calluna vulgaris, *Cornus suecica*, *Erica tetralix*, ***Juniperus communis***, *Potentilla erecta*, *Scirpus caespitosus*, *Vaccinium uliginosum*.

Jordprofilet viste:

A. 5—6 cm. sort torvmuld.

B. Rød jord og grus.

Prøven (87) er tat av A og har en litervegt av 725 gr. Dens jordnitrifikationsevne er nul, men væsknitrifikationen er i det 60-dages forsøk ganske betydelig, dog ogsaa her hovedsagelig med salpetersyring som endeprodukt. Det er for denne prøve mulig at den høie vandgehalt har hindret jordnitrifikationen. Det er dog ikke meget sandsynlig, idet det næsten negative utfald av den 30 dages væsknitrifikation viser at prøvens indhold av nitrifikationsbakterier maa være relativt meget litet.

Prøvene 88 og 89 fra Holsenøen pr. Bergen er typer paa meget god lyngjord. Prøvene er samlet av grund jord over fjeldknauser i lyngmark paa Holsenøens sydligste spids. Vegetationen her var:

Arctostaphylos uva ursi, ***Calluna vulgaris***, ***Empetrum nigrum***, ***Juniperus communis***, *Potentilla erecta*, *Pteridium aquilinum* (enkelte spredte individer), *Vaccinium vitis idaea*; av moser: *Hypnum Schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum sp.*

Jordprofilet viste:

30 cm. mørkebrun, grynet god muldjord i forsænkning mellem fjeldknauser.

Prøve 88 blev tat av de øverste 10 cm., prøve 89 fra 10—30 cm.'s dybde; litervegtene er for disse prøver henholdsvis 935 og 1010 gr. Som tabellen viser, er resultatet av jordnitrifikationsforsøkene helt negativt. Aarsaken hertil er dog temmelig sikkert jordprøvenes for høie vandindhold 49.9 og 45.8 %. Væsknitrifikationen er nemlig i alle kulturer meget sterk. Der er dog en merkbar forskjel, idet det 60 dg.s forsøk for prøve 88 har git væsentlig salpetersyring, mens resultatet for 89 er total nitrifikation av alt ammonium-kvælstof til salpetersyre (NO_3).

Prøvene 90 og 91 er tat litt længer inde paa Holsenøens sydspids, ca. 450 m. fra de to foregaaende prøver, av relativt dyp, lyngbevokset jord i østvendt

holding. Horisontalavstanden mellem disse to prøver er ca. 50 m. Vegetationen var noget forskellig.

Ved prøve 90 fandtes:

Calluna vulgaris, *Lycopodium clavatum*, *Potentilla erecta*, *Vaccinium vitis idaea*; av moser: *Hypnum Schreberi*.

Jordprofilet var:

15 cm. tæt, sortbrun lyngjord.

Prøven er tat av de øverste 10 cm. og har en litervegt av 775 gr.

Prøve 91 blev tat paa et sted ca. 50 m. fra 90, hvor en middels rik vegetation av *Pteridium* antydet bedre jord.

Vegetationen var her noget artsrikere:

Calluna vulgaris, *Potentilla erecta*, ***Pteridium aquilinum***, *Trientalis europaea*, *Vaccinium Myrtillus*, *Vacc. vitis idaea*, *Viola Riviniana*; av moser: *Hylocomium splendens*, *Hypnum Schreberi*.

Jordprofilet viste her:

20 cm. brun — graabrun, grynet, god muldjord.

Prøve 91 blev tat av de øverste 10 cm. og har litervegten 850 gr.

Begge disse prøver gir negative resultater. Jordnitrifikation mangler helt, og væskenitrifikationen mangler ogsaa i de fleste forsøk; kun i 30 dg.'s kulturene viser prøve 90 et svakt tilløb til nitrifikation. Prøvenes vandindhold er saa høit at jordnitrifikationen av denne grund antagelig vilde være hindret. Det negative utfald av væskekulturene viser dog at den manglende jordnitrifikation her skyldes mangel paa bakterier.

Prøve 92 er tat ved Langeland pr. Frekhaug, Holsenøen. Lokaliteten er 19—20 aars furuplantning i lyngmark, nu i god vekst og sluttet bestand.

Efterat furuen har vokset til, er den typiske lyngvegetation undergaat en del forandringer, saa den nu viser følgende sammensætning:

Festuca rubra, *Luzula campestris*, *Pteridium aquilinum*, *Oxalis Acetosella*, *Potentilla erecta*, *Solidago Virgaurea*, *Succisa pratensis*, ***Vaccinium Myrtillus***, *Viola Riviniana*.

Jordprofilet viste:

A. 10 cm. brunsort, god skogjord av adskillig muldkarakter.

B. 10 cm. lysebrun, tettere, sandholdig jord.

Prøve 92 fra A har en litervegt av 950 gr. Den viser en tydelig, omend meget svak jordnitrifikation; væskenitrifikationen kommer ikke istand i de 30 dg.'s forsøk, men derimot i ganske svak grad i 60 dg.'s kulturene. Jorden maa derfor sies at ha en meget liten nitrifikationsevne.

Prøvene 108 og 109 fra Birkeland i Fana er tat i grund lyngmark over labradorsten. Vegetationen var:

Calluna vulgaris, *Carex* sp., *Empetrum nigrum*, *Juniperus communis*, *Vaccinium vitis idaea*; av moser: *Dicranum* sp., *Hypnum Schreberi*, *Hylocomium splendens*.

Jordprofilet var:

A. 7 cm. sort, torvagtig jord.

B. 12 cm. mere muldlignende jord, dog med rester av torvkarakter.

C. 4 cm. rødbrun sand.

D. Fjeldgrund.

Prøve 108 av A-laget har litervegt 790 gr. og prøve 109 av B-laget 1125 gr. I begge er jordnitrifikationen negativ, mens væsknitrifikationen er meget sterk; dog er denne selv efter 60 dg. væsentlig kun naadd til salpetersyringstadiet.

Prøve 110 og 111 er tat i lyngmark under Birkeland i Fana, men paa et sted hvor der var temmelig frodig bevoksning av ener. Prøve 110 blev tat midt i et frodig enerkrat, hvor *Juniperus communis* og *Hylocomium splendens* var eneste vegetation.

Jordprofilet var her 20 cm. sort, grynet muldjord av udmerket kvalitet og dannet ved formuldning av enernaaler. Prøve 110 fra de øverste 10 cm. av denne jord har en litervegt av 750 gr.

Prøve 111 blev tat av en 4 m.² stor lyngbevokset flate midt inde i enerbevoksningen og bare ca. 10 m. fra 110.

Vegetationen var her:

Aera flexuosa, *Arctostaphylos uva ursi*, ***Calluna vulgaris***, *Empetrum nigrum*, *Nardus stricta*; av moser: *Hypnum Schreberi*.

Jordprofilet viste:

A. 2 cm. torvlignende, sort jord.

B. 13 cm. rødbrun, sandholdig muldjord.

Prøve 111, som blev tat av A-laget og de øverste 8 cm. av B-laget, har en litervegt av 715 gr.

Den første (110) av disse to prøver fra enermuldjorden har en meget sterk nitrifikationsevne og indeholder efter 30 dg. 146.2 mgr. NO₃ pr. 1000 cm.³ jord; ogsaa væsknitrifikationen er her meget kraftig, men den naar selv efter 60 dg. væsentlig kun til salpetersyringstadiet. Prøve 111 fra lyngflekken viser derimot en meget svak jordnitrifikation med 1.6 mgr. NO₃ og liten eller ingen væsknitrifikation.

Prøve 118 og 119 er tat i lyngmark over saussuritgabbro ved Søfteland. Ved 118 hadde vegetationen følgende sammensætning:

Aera flexuosa, ***Calluna vulgaris***, *Carex Goodenoughii*, *Erica tetralix*, *Festuca ovina*, ***Molinia coerulea***, *Myrica Gale*, *Sieglingia decumbens*, *Vaccinium vitis idaea*.

Jordprofilet var:

A. 3 cm. tæt, lyngtorv, opfyldt av røtter.

B. 11 cm. tæt, torvlignende jord.

C. Sten og fjeld.

Prøve 118 er tat av B-laget og har litervegten 810 gr. Dens jordnitrifikation er tydelig, men ikke meget sterk; antagelig er den nedsat paa grund av det høie vandindhold. Væsknitrifikationen er meget sterk.

Prøve 119 er tat ca. 5 m. fra 118 i en enerbevoksning. Vegetationen var her: *Betula verrucosa* (spredte smaa busker), *Empetrum nigrum*, *Juniperus communis*, *Vaccinium Myrtillus*; av moser: *Dicranum sp.*, *Hylocomium splendens*, *Hypnum Schreberi*, *Leucobryum sp.*

Jordprofilet var:

A. 1—2 cm. mos og uformuldede enernaaler.

B. 15 cm. god grynet muldjord.

C. Sten og fjeld.

Prøve 119, tat av B-laget, har litervegten 880 gr. Jordnitrifikationen er meget liten, muligens paa grund av for høit vandindhold. Væsknitrifikationen er imidlertid ogsaa temmelig svak, og jordens indhold av nitrifikationsbakterier derfor temmelig litet.

Analysene av 25 profiler fra lyngmark med tilsammen 35 prøver viser at lyngmarkens jord paa faa undtagelser nær mangler nitrifikationsevne. I talrike av de undersøkte prøver har der ved podningskulturer ikke kunnet paavises nitrifikationsbakterier.

7. Myr- og torvjord.

Av myr- og torvjord har vi undersøkt 9 prøver fra 7 forskjellige lokaliteter. Som det fremgaar av tab. 12 er disse jordarters nitrifikationsevne som regel meget liten. En undtagelse danner dog de to prøver nr. 6 og 106. Disse er tat av myrjord i en liten lokal forsumpning i aapen furuskog ved Søfteland i Os. Vegetationen var spredt og meget sparsom:

Carex dioica, *Carex Goodenoughii*; av moser: *Sphagnum sp.*

Jordprofilet var:

A. 8 cm. sort, tæt, vaat (vandmættet!) torvjord.

B. 15 cm. brun, tæt, vaat (vandmættet) torvjord.

C. Sand og grus over fjeld.

(Erdbodenanalysen).

Myr- og torvjord.

(Moor- und Torf-Boden).

Jour- nal nr.	Sted (Ort)	Salpeter- syre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord (Salpeter- sæure, mgr. in 1000 cm. ³ Erde)	Nitrifikation i væske (Nitrifikation in Flüssigkeit)				Jordanalyse (Analyse der Erdprobe)													
			50 cm. ³ - 30 dg. (Tage) 23—25° C.		100 cm. ³ - 60 dage (Tage) 12—18° C.		Vand (Was- ser) o/o	Gløde- tap (Glüh- ver- lust) o/o	Aske (Asche) o/o	Kvælstof (N) (Stickstoff (N))										
			Gries Ness- ler	Diphe- nyl- amin	Gries Ness- ler	Diphe- nyl- amin				o/o av lufttør. jerd	gr. pr. lufttør. 1 liter jerd (Gr. in 1000 cm. ³ trøck- net Erde)									
A	Myrj ord (Moorende)	Straks (augen- blick- lich) Efter 30 dg. (nach 30 Tagen)	1.8	57.4	×	×	×	×	×	×	×	0—	×	19.9	82.8	15.5	1.7	1.938	3.17	
			0.2	0.7	×	×	×	×	×	×	×	0	0.0	0	0.0	75.3	20.5	4.2	2.250	4.38
			4.5	1.6	×	×	×	×	×	×	×	×	>10.0	×	3.0	85.8	13.9	0.3	1.556	2.12
			5.0	35.5	×	×	×	×	×	×	×	×	45.0	×	15.4	82.2	15.8	2.0	1.804	3.18
B	Torvjord (Torf)																			
		0.4	0.4	×	×	×	×	×	×	×	0	0.0	0	0.0	56.8	17.7	25.5	0.871	4.75	
		0.6	0.4	×	×	×	×	×	×	×	0	0.0	0	0.0	54.3	40.7	5.0	1.586	3.56	
		0.4	0.4	×	×	×	×	×	×	×	0	0.0	0	0.0	57.3	28.9	13.8	1.415	3.56	
		0.6	0.4	×	×	×	×	×	×	×	>10.0	×	Spor	59.3	21.5	19.2	1.142	2.97		
65	— " —	0.4	2.4	0	×	×	×	×	×	×	>10.0	×	17.5	52.4	15.6	32.0	0.936	3.93		

Prøve 6 og 106 er fra lag A (henholdsvis den 12. V. og 5. X.); deres litervegt er 910 gr. og 850 gr. Begge prøver er tat like ved hinanden, og tallene for vandindhold, glødetap, aske og kvælstofindhold stemmer meget godt overens. Nitrifikationsevnen er overraskende stor, idet der efter 30 dages jordnitrifikation findes henholdsvis 57.4 og 35.5 mgr. NO_3 pr. 1000 gr. jord. Prøve 6 gav i et forsøk med jordnitrifikation i 500 gr. jord efter 200 dg. ved V. T. hele 158.1 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord. Væskenitrifikationen er ogsaa kraftig i begge prøver. Den kraftige nitrifikationsevne i denne vandmættede myrjord er meget overraskende; det vil være av interesse at faa baade jorden og de her virksomme bakterier nærmere undersøkt og sammenlignet med andre myrprøver.

Prøve 22 fra Mjølffjell i Raundalen er samlet i ca. 700 m.'s høide over havet. Myren er en liten starrmyr, som blev grøftet sommeren før prøveuttagningen med 80 cm. dype grøfter. Dens vegetation var:

Andromeda polifolia, *Betula odorata*, *Calluna vulgaris*, ***Carex dioica***, *Eriophorum angustifolium*, *Molinia coerulea*, *Pinguicula vulgaris*. Av moser: *Sphagnum* sp.

Profilet viste:

A. 1—2 cm. strøedække av lyngblader.

B. 50—100 cm. tæt torvjord.

C. Grus og sten.

Prøve 22 er tat (23. VI.) av B-lagets øvre 15 cm. og har litervegten 780 gr. Dens jordnitrifikation er helt ubetydelig. Forsøk med 500 gr. jord i 200 dage ved V. T. gav kun 20.1 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord. Væskenitrifikation kom kun istand i en av de 30-dages kolber; i alle andre var den helt negativ.

Prøve 29 er tat (29. VI.) av en stor, for længe siden avgrøftet brændtorvmyr ved Søfteland. Torvlaget er flere meter mægtig, og vegetationen er hovedsagelig *Eriophorum angustifolium*. Den uttagne jord laa ca. 20 cm. under overflaten og hadde en litervegt av 800 gr. Endskjønt den indeholdt 4.5 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord, er dens nitrifikationsevne saa liten at den efter 30 dg. kun indeholder $\frac{1}{3}$ av denne mængde. Forsøk med nitrifikation i 500 gr. jord i 200 dage ved V. T. gir kun 21.7 mgr. NO_3 pr. 1000 cm^3 jord. Væskenitrifikationen er ikke meget sterk.

Prøve 56 fra Bjerkreim er tat i en lokal torvdannelse paa den tidligere nævnte morænetange i Lille Eigevand. Torvdannelsen har fundet sted i en liten forsænkning og har kun en dybde av ca. 30 cm. Der har været plantet gran i torven, men denne er død ut paa nogen faa individer nær, som er gule, sykelige

og neppe naar over lyngen, tiltrods for at lokaliteten nu er temmelig tør. Paa sandgrunden omkring staar granen i relativt god vekst.

Torvdannelsens vegetation var:

Calluna vulgaris, *Erica tetralix*, *Molinia coerulea*, *Potentilla erecta*, *Scirpus caespitosus*.

Jordprofilet viste:

A. 1 cm. strødække av *Calluna*.

B. 30 cm. sort, fet, tæt, men noget sandblandet torv (av brændtorvkarakter).

C. Morænens sand og grus.

Prøve 56, som er tat av A-lagets øverste 12 cm., har en litervegt av 665 gr. Den har ingen nitrifikationsevne hverken i jord- eller væskeforsøk.

Prøvene 58 og 59 er tat i lignende lokal torvdannelse paa den ovennævnte tange, men i et andet granfelt. Granens vekst er ogsaa her minimal. Vegetationen var:

Calluna vulgaris, *Erica tetralix*, *Festuca rubra*, *Potentilla erecta*, *Scirpus caespitosus*.

Jordprofilet viste:

A. 0.5—1.0 cm. strødække av *Calluna*.

B. 12 cm. tæt, brun torv.

C. 5—10 cm. tæt, sort torv.

D. Grus og sten.

Prøve 58 fra lag B har en litervegt av 450 gr. og prøve 59 fra C av 535 gr. Begge mangler enhver nitrifikationsevne.

Prøvene 64 og 65 fra Vigrestad paa Jæderen er tat av torvjord (lyngtorv) i forsøksstationens plantefelt (rute Q). Vegetationen var her:

Calluna vulgaris, *Carex* sp. *Erica tetralix*, *Festuca ovina*, *Molinia coerulea*, *Nardus stricta*, *Narthecium ossifragum*, *Potentilla erecta*, *Scirpus caespitosus*; av moser: *Sphagnum* sp., desuten gran (*Picea excelsa*) plantet for 3 aar siden og nu i typisk veksthemning.

Jordprofilet viste:

A. 2—5 cm. strødække, delvis med *Sphagnum*.

B. 8 cm. torvjord, dog ikke meget tæt.

C. 15 cm. tæt, sort torvjord.

Prøve 64 fra B-laget har en litervegt av 625 gr., prøve 65 fra C-laget av 800 gr. I jordnitrifikationsforsøkene gir 64 et negativt resultat, mens 65 har en svak, men tydelig nitrifikation. Begge prøver har væskennitrifiserende evne, og særlig er denne betydelig i prøve 65, hvor vi allerede efter 30 dg. finder al ammoniak nitrificeret til nitrit og nitrat.

8. Nitrifikation i podede væskekulturer.

Som vi har nævnt tidligere under omtalen af de anvendte metoder, lykkes det os som regel at lade væskennitrifikationen igang for alle de prøvers vedkommende som gik væsentlig nitrifikation i jordsforsøk. Der er forsaavidt en god overensstemmelse naar man bare tar hensyn til en kvalitativ paavisning af NO_2 og NO_3 i væskekulturene. Undersøker man derimot kvantitativt den dannede NO_3 -mængde, finder man for en række væskekulturers vedkommende at der er dannet relativt lidt NO_3 , men ofte meget NO_2 (se f. eks. nr. 98 og 99). Reaktionen synes i væskekulturer ofte at staae paa NO_2 -stadiet. Dette er dog ikke altid tilfældet, og vi har en række prøver hvor ogsaa væskekulturenes kvælstof hurtigt oksyderes, ofte helt, til NO_3 . I nedenstaaende tabel er sammenstillet alle vore forsøk av den før (se s. 15) nævnte serie C.

Det fremgaar av tabel 13 at de enkelte prøvers væskennitrifikation foregaar med meget forskjellig intensitet. Da kulturbetingelsene for alle prøver er praktisk talt like, maa den varierende nitrifikationsintensitet bero enten derpaa at der er racer av disse bakterier med forskjellig nitrifikationssevne eller paa kvantitativ ulik infektion. Dette sidste alternativ bør vel vælges for nogen prøvers vedkommende; det er jo en selvfølge at antallet av bakterier som hver gang tilføres kulturen med 5 gr. jord, er høst forskjellig fra prøve til prøve, og at nitrifikationen derved kan bli mere eller mindre sterk. Men man skulde dog anta at denne forskjel skulde kunne utjevnes ved bakterienes formering inden et saavidt langt tidsrum som 60 dage, naar der allikevel findes en saa stor forskjel i prøvenes nitrifikation, maa man med god grund kunne gaa ut fra at der er flere bakterieracer repræsenteret, og at disse har en forskjellig nitrifikationssevne. Vi haaber i en nær fremtid at kunne oppta dette spoersmaal til nærmere drøftelse, baseret paa nye forsøk.

Det ammonium N — beregnet i procent av den oprindelige mængde — som efter 60 dg. gjenfindes som NO_2 og NO_3 , varierer meget. En del er gaat tappt under steriliseringen, og en del er forflygtiget under den lange forsøks tid; hvor store mængder dette kan være, kan vi ikke angi; men det forhold, at vi i en enkelt kraftig nitrificerende kultur (nr. 71) gjenfinder alt kvælstof (100,4 %) som NO_2 og NO_3 , tyder paa at der ved hurtig nitrifikation ikke er gaat meget bort som NH_3 . Derimot spiller selvfølgelig „denitrifikation“ i dens mange former en rolle. Den typiske denitrifikation med skumdannelse forekom ikke i disse vel gjenluftede kulturer, men en række kontrollforsøk, som vi her ikke skal komme ind paa, har overbevist os om at der i flere kulturer har hendet sted

et av organismer (sop og bakterier) bevirket N-konsum, hvorved dannede nitrater igjen er forsvundet. Arten og kvantiteten av dette N-konsum haaber vi senere at kunne gi en oversigt over.

Tabellen viser en række prøver hvor nitrifikationen er meget kraftig, og hvor allerede 60 dg.'s kultur er nok til at al ammoniak overføres til nitrat (77, 78, 81, 89, 94). Paa den anden side har vi, bortset fra de prøver som ikke viser spor av nitrifikation, ogsaa mange prøver hvor oksydationen til salpetersyrling er sterk, men hvor der endnu ikke er dannet salpetersyre. Nitratbakterier mangler sandsynligvis i nogen av disse kulturer, idet de smaa nitratmængder som er paavist, sikkert beror paa den tør nævnte oksydation av nitrit under analysen (se s. 28). I andre forsøk utenom denne serie har vi dog iagttaaet at mange av disse sent nitrificerende kulturer efter længere tid (3-4 maanedes) kan opvise store nitratmængder. Denne ufuldstændige eller sene nitrifikation er tidligere iagttaaet av andre forskere (bl. a. *Migula*—1900).

Forøvrig viser tabellen alle mulige overgange fra helt manglende til meget kraftig nitrifikation, og den synes i det hele at peke paa baade kvantitative og kvalitative forskjelligheter i de enkelte prøvers indhold av nitrifikationsbakterier, disse forhold vil bli gjenstand for nye undersøkelser.

Stort set kan vi si, at væskekulturene som regel har været til god støtte ved analysen av jordprøvenes nitrifikationsevne. Man finder saaledes ved hjælp av disse en utpræget nitrifikation til nitrit eller nitrat i en række prøver (nr. 13, 17, 19, 29, 34, 57, 60, 61, 65, 87 og 88), hvor jordnitrifikationen er meget svak. Paa den anden side er der nogen prøver (nr. 22, 25, 76, 104, 105 og 110) som viser et negativt resultat av væskennitrifikationen, men en tydelig omend svak jordnitrifikation. Her har tydeligvis bakteriene haat en saa spredt eller kolonivis forekomst i jorden, at de ikke er kommet med i de 5 gr. jord som er anvendt for infektionen i kolben. Alt i alt maa vi si, at saavel væskekulturer (med kvantitativ analyse) som jordkulturer bør anvendes, da de ofte uttylde hinanden paa en heldig maate.

Tabel 13. Nitrifikation i 60 dage i 100 cm.³ opløsning indeholdende 100 mgr. (NH₄)₂ SO₄ (= 21.2 mgr. N). Alm. værelsetemperatur.

(Nitrifikation in 60 Tg. in 100 cm.³ Nährlösung mit 100 mgr. (NH₄)₂ SO₄ (= 21.2 mgr. N). Zimmertemperatur.)

Prøve nr. (Probe nr.)	NH ₃	NO ₂			NO ₃			Sum N gjenfundet som NO ₂ og NO ₃ — i % av givne N (Summe N wiedergefunden als NO ₂ und NO ₃ — in Prozent vom gegebenen N)	Jordnitrifikation i 30 dg. (Nitrifikation in Erde während 30 Tg.) NO ₃ mgr.*)
	Nessler	Gries	Mgr. NO ₂ pr. Kolbe	N i % av givne N (N als Prozent vom gegebenen N)	Diphenylamin	Mgr. NO ₃ pr. kolbe	N i % av givne N (N als Prozent vom gegebenen N)		
1	×××	0—×	< 0.2	< 0.3	×××	20.0	21.2	21.2—21.5	39.6
2	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	8.7	9.2	> 23.6	29.5
3	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	1.8	1.9	> 16.3	10.8
4	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	21.2	22.5	> 36.9	28.3
5	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×	Spor	Spor	> 14.4	26.8
6	×××	0—×	< 0.2	< 0.3	×××	19.9	21.1	21.1—21.4	55.6
7	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	22.4	23.8	> 38.8	3.6
8	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	1.7	1.8	> 16.2	9.4
9	×××	×	0.2—1.0	0.3—1.4	×××	32.5	34.5	34.8—35.9	84.5
10	×××	×	0.2—1.0	0.3—1.4	×××	32.5	34.5	34.8—35.9	165.8
12	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	1.8	2.0	> 16.4	0.0
15	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	2.5	2.7	> 17.1	0.0
18	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	1.9	2.0	> 16.4	5.2
19	×××	×—×	1.0—2.0	1.4—2.9	×××	37.2	39.5	40.9—42.4	0.6
20	×××	×	0.2—1.0	0.3—1.4	×××	60.6	64.3	64.6—65.7	62.1
21	×××	×	2.0—10.0	2.9—14.4	×××	35.4	37.6	40.5—52.0	110.4
22	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.5
23	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	35.4	37.6	> 52.0	28.1
24	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	18.0	19.1	> 33.5	45.6
25	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	6.9
26	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	3.5	3.7	> 18.1	16.4
27	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	22.5	23.8	> 38.2	38.0
28	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	2.6	2.8	> 17.2	1.5
29	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	3.0	3.2	> 17.6	÷ 2.9
34	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	4.2	4.5	> 18.9	0.5
35	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	6.1	6.5	> 20.9	20.6
36	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0

*) De her opførte værdier er NO₃-tilveksten i 30 dg.
(Die hier aufgeführten Zahlen geben den NO₃-Zuwachs in 30 Tg).

Forts. tabel 13

Prøve nr. (Probe nr.)	NH ₃	NO ₂			NO ₃			Sum N gjen- fundet som NO ₂ og NO ₃ , — i % av givne N (Summe N wiedergefun- den als NO ₂ und NO ₃ , — in Prozent vom gegebenen N)	Jord- nitrifika- tion i 30 dg. (Nitrifi- kation in Erde während 30 Tg.) NO ₃ mgr. *)
	Nessler	Gries	Mgr. NO ₂ pr. Kolbe	N i % av givne N (N als Prozent vom gegebenen N)	Diphe- nylamin	Mgr. NO ₃ pr. kolbe	N i % av givne N (N als Prozent vom gegebe- nen N)		
37	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
38	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.9
39	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
40	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
41	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
46	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
47	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
49	×××	0—×	> 0.2	< 0.3	0	0.0	0.0	< 0.3	0.0
50	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
51	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
53	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	÷0.1
55	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.6
56	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
57	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	3.5	3.7	> 18.1	0.0
58	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	÷0.2
59	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	1.9	2.0	> 16.4	0.0
61	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	1.5	1.6	> 16.0	0.0
62	×××	×	0.2—1.0	0.3—1.4	×	Spor	Spor	0.3—1.4	÷0.2
63	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	÷0.2
64	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×	Spor	Spor	> 14.4	÷0.2
65	×××	×××	> 10.0	> 14.4	×××	17.5	18.6	> 33.0	2.0
67	×	0—×	0.05	0.07	×××	79.8	84.6	84.7	17.6
68	0—×	0—×	> 0.05	< 0.07	×××	70.4	74.8	74.9	66.0
69	×	×	0.4	0.6	×××	49.8	52.8	53.4	12.7
70	×	0—×	< 0.1	< 0.2	×××	49.1	52.2	52.3	93.1
71	0—×	×××	40.0	57.3	×××	40.6	43.1	100.4	21.0
72	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
73	×××	0	0.0	0.0	0	0.1	0.1	0.1	0.0

*) De her anførte værdier er NO₃-tilveksten i 30 dg.(Die hier aufgeführten Zahlen geben den NO₃-Zuwachs in 30 Tg.)

Forts. tabel 13.

Prøve nr. (Probe nr.)	NH ₃	NO ₂			NO ₃			Sum N gjen- fundet som NO ₂ og NO ₃ , — i % av givne N (Summe N wiedergefun- den als NO ₂ und NO ₃ , — in Prozent vom gegebenen N)	Jord- nitrifi- kation i 30 dg. (Nitrifi- kation in Erde während 30 Tg.) NO ₃ mgr.*)
	Nessler	Gries	Mgr. NO ₂ pr. Kolbe	N i % av givne N (N als Prozent vom gegebenen N)	Diphe- nylamin	Mgr. NO ₃ pr. kolbe	N i % av givne N (N als Prozent vom gegebe- nen N)		
74	×	×	0.5	0.7	×××	70.0	73.4	74.1	92.8
75	×	×	0.4	0.6	×××	67.1	71.0	71.6	98.8
76	×	×××	33.0	47.3	×××	0.9	1.0	48.3	31.2
77	0	0—×	< 0.05	< 0.07	×××	65.4	68.5	68.5	102.5
78	0	0—×	< 0.05	< 0.07	×××	72.3	76.7	76.7	42.4
79	0—×	0—×	< 0.05	< 0.07	×××	80.0	85.0	85.0	117.6
80	0—×	××	5.0	7.0	×××	67.7	71.8	78.8	71.8
81	0	×—×	1.3	1.9	×××	80.4	85.2	87.1	124.4
82	×	×××	10.0	14.0	×××	58.4	62.0	76.0	64.1
83	×××	××	5.0	7.2	×××	0.5	0.5	7.7	3.4
84	×××	×××	25.0	35.8	×××	1.1	1.2	37.0	14.0
85	×	××	3.0	4.2	×××	55.3	58.7	62.9	78.5
86	×	×××	12.5	17.9	×××	50.3	53.3	71.2	26.3
87	×××	×××	25.0	35.8	×××	0.5	0.5	36.3	0.0
88	×××	×××	30.0	42.9	×××	4.0	4.2	47.1	0.0
89	0	0	0.0	0.0	×××	64.7	68.6	68.6	0.0
90	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
91	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
92	×××	××	3.0	4.2	×××	0.2	0.2	4.4	0.5
93	×××	××	4.0	5.6	×××	35.4	38.5	44.1	20.3
94	0	0	0.0	0.0	×××	65.8	69.8	69.8	242.7
95	×××	××	2.0	2.8	×××	0.2	0.2	3.0	0.5
96	×××	×××	37.5	53.7	×××	1.3	1.4	55.1	1.6
97	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.4
98	×××	×××	35.0	50.2	×××	2.5	2.6	52.8	1.4
99	×××	×××	60.0	86.0	×××	2.3	2.4	88.4	0.6
100	×××	×××	20.0	28.7	×××	0.5	0.5	29.2	0.0
101	×××	×××	32.5	46.7	×××	9.2	9.8	56.5	1.1
102	×××	×××	12.5	17.9	×××	45.6	48.3	66.2	33.0
103	×××	0—×	< 0.05	< 0.07	×××	35.0	37.2	37.2	68.5
104	×××	×××	35.0	50.2	×××	2.0	2.1	52.3	34.3

*) De her opførte værdier er NO₃-tilveksten i 30 dg.(Die hier aufgeführten Zahlen geben den NO₃-Zuwachs in 30 Tg)

Forts. tabel 13.

Prøve nr. (Probe nr.)	NH ₃	NO ₂			NO ₃			Sum N gjen- fundet som NO ₂ og NO ₃ , — i % av givne N (Summe N wiedergefun- den als NO ₂ und NO ₃ , — in Prozent vom gegebenen N)	Jord- nitrifika- tion i 30 dg. (Nitrifi- kation in Erde während 30 Tg.) NO ₃ mgr. ^{*)}
	Nessler	Gries	Mgr. NO ₂ pr. Kolbe	N i % av givne N (N als Prozent vom gegebenen N)	Diphe- nylamin	Mgr. NO ₃ pr. kolbe	N i % avgivne N (N als Prozent vom gege- benen N)		
105	×	×××	50.0	71.8	×××	2.3	2.4	74.2	39.1
106	×××	×××	45.0	64.7	×××	15.4	16.3	81.0	30.5
107	×××	×××	25.0	35.8	×××	1.1	1.2	37.0	0.1
108	×××	×××	22.5	31.8	×××	1.0	1.1	26.6	÷ 0.2
109	×××	×××	15.0	21.5	×××	1.0	1.1	26.6	0.3
110	××	×××	32.5	46.7	×××	2.0	2.1	48.8	143.0
111	××	××	5.0	7.2	×××	1.0	1.1	8.3	1.2
112	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	0.2
113	×××	0—×	0.1	0.1	0	0.0	0.0	0.1	÷ 0.1
114	×××	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	1.7
116	×××	×××	22.5	31.8	×××	2.0	2.1	33.9	27.4
117	0	××	2.5	3.6	×××	63.7	67.4	71.0	23.0
118	×××	××	3.8	5.4	×××	48.4	51.2	56.6	8.7
119	×××	0—×	0.1	0.1	0—×	0.1	0.1	0.2	0.4
120	×××	×××	25.0	35.8	×××	37.7	40.1	75.8	48.7

^{*)} De her opførte værdier er NO₃-tilveksten i 30 dg.
(Die hier aufgeführten Zahlen geben den NO₃-Zuwachs in 30 Tg.)

Anm.: I prøvene 1—65 er det dannede NO₂ bestemt kolorimetrisk indenfor temmelig vide grænser og værdiene angit i forhold til disse. I prøvene 67—120 er bestemmelsen utført efter en fremgangsmaate (kolorimetrisk) som tillater en nøiagtig angivelse av de tilstedeværende NO₂-mængder.

9. Oversigt over analysene.

I lange tider var det den almindelige mening at udyrket jord (skogjord, hedejord etc.) ikke indeholdt nitrifikationsbakterier og saaledes ikke kunde producere salpetersyre. Denne antagelse, som vi med vor nuværende viden kan si er helt uriktig, hadde sin oprindelse og støtte i en række analyser som *Ebermayer* i 1880-aarene utførte i de bayerske alper, og som gav negativt resultat. Tiltrods

for at den franske jordbundskemiker *Boussingault* omtrent samtidig paaviste salpetersyre, omend i smaa mængder, i en række prøver udyrket jord (ogsaa skogjord), blev det *Ebermayers* anskuelser som fik ledelsen, og i en række haandbøker fra de efterfølgende aar finder man derfor hævdet at skogjord mangler nitrifikation.

Det er først i de sidste 10—15 aar at det er bevist at ogsaa udyrket jord kan ha en endog meget sterk nitrificerende evne, og det er skandinaviske forskere som her har gitt de vigtigste bidrag.

Dansken *Weis* viste (1908) at skogmuld fra bøkebevoksninger kan ha en kraftig nitrifikation, og at selv hedejord efter bearbeidning kan nitrificere. Svensken *Hesselmann* har i et meget omfangsrikt arbeide (1917) paavist at en række udyrkede jordarter av skogjord, særlig løvskogjord, kan nitrificere meget sterkt, og dansken *Carsten Olsen* har endelig (1918) fundet en rik nitrifikation i en række naturlige jordarter, til og med i sur torv.

Ved siden av disse bør nævnes tyske undersøkelser av *Vogel von Falckenstein* (1913).

Ved disse undersøkelser er da spørsmålet om nitratkvælstoffets rolle i udyrket jord bragt frem i første række og kræver nu en indgaaende og alsidig undersøkelse inden de forskjellige klimatiske omraader og i de forskjellige vegetationssamfund.

Vore undersøkelser har kun hat til hensigt at gi en første orientering over nitrifikationen under de utpræget humide klimatiske forhold, som præger Vest-Norges jordbund. Vi skal i det følgende ganske kort sammenfatte resultatene av vore analyser og se hvordan de forholder sig til de ovenfor nævnte undersøkelser av andre skandinaviske forskere.

Vi har gruppert vore jordprøver efter arten av det plantesamfund hvor de er tat. En saadan gruppering falder naturligst — selv om en gruppering efter fjeldgrundens eller mineraljordens kemiske natur i mange tilfælde byr adskillige fordele.

Vore analyser fra almindelig kulturjord (akerjord, havejord, græsmark) er ikke talrike, men de viser næsten alle en sterk nitrifikation saavel i væskekultur som i jordforsøk.

Fra blandet løvskog (tab. 7) væsentlig av „edlere“ løvtrær, har vi analysert 23 jordprøver fra tilsammen 15 lokaliteter. Av disse er det bare 3 prøver som mangler nitrifikation, men selv her finder vi nitrifikation i dypere lag paa samme lokalitet, og den tilsynelatende mangel paa nitrifikation synes i disse prøver at bero paa en sterk nitratnedbrytning ved andre organismer. Naar denne vegetationstype gjennomgaaende viser en kraftig nitrifikation i jorden, kommer det sikkert for en væsentlig del derav, at den hovedsagelig findes utviklet i trakter hvor fjeldgrunden bestaar av skifer, og hvor der paa grund av dennes baseindhold dannes en for nitrifikation gunstig jordbund.

I dette vegetationssamfund finder vi en række arter som kan anses for typeplanter for nitrificerende jord. Det er arter som *Anemone nemorosa*, *Paris quadrifolia*, *Viola Riviniana*, *Phegopteris Dryopteris*, *Circaea alpina*, *Geum rivale*, *Ulmaria pentapetala*(?), *Lactuca muralis*, *Stellaria nemorum*, *Valeriana officinalis*, *Dactylis glomerata*, *Geum urbanum*, og av træ især *Fraxinus excelsior*, *Corylus Avellana* og *Tilia cordata*.

Resultatene av vore undersøkelser av den blandede løvskogs jord bekræfter helt det resultat som *Hesselmann* (1917) er kommet til for lignende vegetations-samfund i Sverige.

Av anden løvskog har vi undersøkt ren bjerkeskog, 9 prøver fra 6 lokaliteter. Ogsaa her finder vi en nitrifikation i de fleste prøver. Den naar dog ikke de maksimalværdier som den ovenfor behandlede blandede løvskog, og gjennemsnittlig er den dannede nitratmængde betydelig mindre.

Vort materiale fra granskog er litet og bestaar bare av 9 prøver fra 5 lokaliteter. *Hesselmann* skjelner i sine undersøkelser mellem „örtrika“ og „mossrika barrskogar“. De „örtrika“ granskoger har en ganske frodig vegetation, bestaaende av en række arter av græs og mere „fordringsfulde“ planter. De hører efter *Hesselmann* til de nitrificerende samfund. De „mossrika“ granskogene derimot, hvor vegetationen er meget artsfattigere og hovedsagelig præget av lyng og moser, har en jordbund som helt mangler nitrifikation og i mange tilfælder overhodet ikke indeholder nitrifikationsbakterier. Vore undersøkelser synes at bekræfte dette resultat. Der er i vort materiale kun én prøve (nr. 93) som kan sis at repræsentere de „örtrika“ granskoger; og denne ene prøve adskiller sig fra alle de andre ved en omend ikke stor saa dog tydelig nitrifikation. De andre 8 prøver fra granskog mangler enten helt nitrifikationsbakterier, som nr. 12, 13 og 97, eller de er tilstede i litet antal eller i litet virksomme racer, saa nitrat-produktionen blir ganske ubetydelig. Flere av prøvene viser i væskekultur en ganske sterk nitritdannelse (nr. 99, 98 og 96), men omdannelsen fra nitrit til nitrat foregaar ikke eller kun langsomt; de specielle nitrat-dannende bakterier maa her enten mangle eller kun finde daarlige livsbetingelser. Det er i vort materiale de mest raahumusholdige typer (12, 13 og 97) som helt mangler nitrifikationsbakterier, mens de mere muldagtige prøver i ethvert fald viser nogen nitritdannelse.

Fra furuskog har vi undersøkt 20 prøver fordelt paa 9 lokaliteter. Nitrifikationen er her ogsaa varierende. 14 prøver viser praktisk talt ingen nitrifikation i jordkulturer, 2 (nr. 7 og 8) har en svak nitrifikation, og kun 4 prøver (repræsenterende 2 lokaliteter) har en sterk jordnitrifikation. Av disse er de 3 (21, 103

og 104) fra en furuskog over skiferfjeld ved Lysekloster. Vegetationen er i denne ikke artsrik; men det frodige græsdække med *Anemone nemorosa* viser tydelig at jorden er av bedre kvalitet end man vanlig finder i furuskog. Prøve 105 med sin gode nitrifikation representerer ogsaa en noget bedre jordbundsbonitet.

Prøver av lyngmark er talrikst representert i vort materiale, idet vi her har 35 prøver fordelt paa 25 profiler. Bortset fra enkelte faa prøver maa vi si at den typiske, artsfattige lyngmark helt mangler evnen til jordnitrifikation; og av de ikke jordnitrifiserende er det igjen nær 40 % som helt synes at mangle nitrifikationsbakterier, idet processen ikke kommer igang selv i væskekulturer. Avvigende fra dette resultat er kun 3 lokaliteter fra Søfteland i Os, hvorav de 2 er fra ren lyngmark og den ene fra ung bjerkeskog plantet i lyngmark. Desuten er der rik nitrifikation i en frodig enerbevoksning i lyngmark.

Av myrjord (d. e. den sterkt vandholdige facies av torv) har vi bare 4 prøver; kun to av dem, representerende en og samme lokalitet, viser en kraftig nitrifikation. Av torvjord (den mindre vandholdige facies) er der ingen som viser nogen god nitrifikation i jordkultur, men nitrifikationsbakterier er ganske rikelig tilstede i en prøve fra Jæderen.

Vore undersøkelser over de forskjellige jordtypers nitrifikation bekræfter rigtigheten av det synspunkt som er fremholdt bl. a. av *Vogel von Falckenstein* og *Hesselman*, og hvorefter der som regel er en direkte parallellitet mellem en jordarts nitrifikationsevne og dens bonitet; vi har dog fundet enkelte eiendommelige avvikelser fra denne regel.

Ved vore undersøkelser av en jordarts nitrifikationsevne har vi benyttet os av saavel jordkulturer som væskekulturer. Med den av os anvendte modifikation av *Winogradskis* opløsning har vi som regel faat væskennitrifikationen igang hos alle prøver som viste jordnitrifikation og ogsaa hos flere med svak eller ingen saadan. Væskekulturer inficert med 5 gr. jord og kvantitativt analysert efter 30 eller 60 dg. gir et godt billede av de enkelte prøvers forskjellige nitrifikationsevne. En række kulturer nitrificerer i løpet av denne tid hele den tilsatte ammoniumsulfatmængde til nitrat, mens andre overveiende eller helt blir staaende paa nitritstadiet og kun danner smaa nitratmængder. Nærmere undersøkelser over aarsakene hertil vil bli utført.

Kap. III. Undersøkelser over enkelte faktorerers indflydelse paa jordnitrifikationen.

Det er 5 sider av jordbundens kvælstofspørsmål som først og fremst er av interesse: Ammoniakdannelsen, nitrifikationen, denitrifikationen, de uorganiske kvælstofforbindelsers omdannelse til mikroorganisme-eggehvite og bindingen av det frie kvælstof. De 2 første av disse processer henger som regel mere eller mindre sammen og bør om mulig undersøkes i sammenheng. De i det foregående meddelte analyseresultater omfatter den viktigste av disse processer, nitrifikationen, og det kan være av interesse at underkaste denne en nærmere drøftelse.

Forutsat at en jordprøve inneholder nitrifikationsbakterier samt de for deres livsproses nødvendige ammoniakforbindelser og andre næringssalter i tilstrækkelig mengde, vil forløpet av dens nitrifikation kunne tænkes at bestemmes av 4 faktorer:

- a. jordens vandindhold,
- b. jordens gjennemluftning,
- c. jordens reaktion og indhold av baser skikket til binding av den dannede salpetersyre,
- d. jordens temperatur.

1. Jordens vandindhold.

Jordens vandindhold har stor betydning for nitrifikationsprocessens forløp. Vi skal her ikke omtale alle de undersøkelser som allerede foreligger over dette emne; i nær fremtid haaber vi at kunne opta til nærmere undersøkelse spørsmålet om vandindholdets rolle for nitrifikationen i Vest-Norges jordbund, og det vil da bli anledning til en mere detaljert omtale av tidligere undersøkelser.

Til orientering skal her kun nævnes at allerede *Dehérains* undersøkelser viste at nitrifikationen forløper meget langsomt i tør jord — vandindhold ca. 5 %, men straks blir sterkere ved 10 % vandindhold og naar maksimum ved 15—20 % for saa igjen hurtig at avta ved høiere vandindhold. Lignende resultater er fundet av *Giustiniani*, *Schløsing* og *Coleman*; denne sidste finder maksimal nitrifikation ved 16—20 % vandindhold. *Traaen* kommer til det samme resultat, idet hans jordprøver viser den høieste nitrifikation ved 17.5 % vandindhold,

hvilket svarer til ca. $\frac{2}{3}$ av jordartens vandkapacitet. Forøvrig finder han nitrifikationen næsten like høi ved 15 og 20 % vandindhold. Ved 25 % vandindhold (= 91 % av vandkapaciteten) er nitrifikationen først meget langsom, men tiltar dog i løpet av 66 dage noksaa meget. Ved 3 og 5 % vandindhold er der praktisk talt ikke dannet nitrater, og nedre grænse for en tydelig nitrificering synes at ligge mellem 5 og 10 % vandindhold (= ca. 1.8—3.5 % av vandkapaciteten). *Gainey* og *Metzler* (1917) kommer til det resultat, at nitrifikationen foregaar bedst naar jordens vandindhold er ca. $\frac{2}{3}$ av dens vandkapacitet. Det fremgaar av de fleste tidligere forsøk at vandindholdets indflydelse paa nitrifikationen er i høieste grad avhengig av jordartens kvalitet, idet det optimale vandindhold og den nedre og øvre grænse for processen uttrykt i vandprocent vil variere meget med jordprøvens fysiske egenskaper.

Traaen har arbeidet med lerjord, *Coleman* med en lignende jord tilsat sand og andre forskere med atter andre jordarter. Skal resultatene av slike forsøk kunne sammenlignes, bør derfor jordartens sammensætning nærmere angis og frem for alt dens glødetap, askeindhold og vandkapacitet bestemmes. Vandprocenten bør foruten i absolute tal angis i procent av prøvens vandkapacitet.

Ved vore undersøkelser har der, paa grund av den store arbeidsmængde, ikke været anledning til at undersøke vandindholdets betydning for nitrifikationen i hver enkelt prøve. Vi har imidlertid ved en række jordprøver som syntes at være enten for tørre eller for vaate til god nitrifikation, foretat parallelforsøk efter tilsætning av vand eller tørring av prøven til skjønsmæssig mere optimal vandholdighet.

Som det fremgaar av tabel 14 har disse forsøk ikke bragt nævneværdig forandring i nitrifikationshastigheten. Prøvene 42—62 og 72—100 som viser liten eller mest ingen nitrifikation i oprindelig tilstand, har heller ikke efter den kunstig frembragte forandring i vandindholdet nogen øket nitrifikation. Prøvene 66—71, som blev samlet efter langvarig regnveir og derfor er meget vaate, har trods sit høie vandindhold en betydelig nitrifikation. En tørring av prøvene hvorved vandindholdet blev bragt ganske betraktelig ned, har ikke medført større forandringer i nitrifikationen end at differensen ligger indenfor forsøksfeilens grænser.

Tabel 14. Nitrifikation i jordprøver med forskellig vandindhold.
(Nitrifikation in Erdproben mit verschiedenem Wassergehalt).

Prøve nr. (Nummer der Probe)	Den oprindelige jordprøve. (Erdprobe im ursprünglichen Zustand.)		Jordprøven efter tørring resp. vand- tilsætning. (Erdprobe nach Trocknen bez. Wasserzusatz.)	
	Vandindhold (Wassergehalt) %	Nitratinhold efter 30 dg. (Nitratgehalt nach 30 Tg.) mgr. NO ₃	Vandindhold (Wassergehalt) %	Nitratinhold efter 30 dg. (Nitratgehalt nach 30 Tg.) mgr. NO ₃
42	31.4	≡ 0.4	45.0	≡ 0.4
43	33.8	≡ 0.4	45.0	≡ 0.4
44	30.6	≡ 0.4	45.0	≡ 0.4
45	44.5	≡ 0.4	30.0	≡ 0.4
49	22.5	≡ 0.4	35.0	0.4
50	31.7	≡ 0.4	35.0	0.4
51	20.7	≡ 0.4	35.0	0.4
55	23.5	0.9	35.0	0.7
57	26.6	≡ 0.4	35.0	0.4
60	26.6	≡ 0.4	35.0	< 0.4
61	20.5	≡ 0.4	35.0	< 0.4
62	26.0	≡ 0.4	35.0	< 0.4
66	28.3	68.4	21.9	69.7
67	21.4	20.4	14.7	16.8
68	32.7	85.3	25.5	82.2
69	28.8	13.8	21.5	15.1
70	39.8	105.4	33.6	105.2
71	22.5	25.0	16.4	24.3
72	81.8	0.4	79.7	0.4
73	33.7	0.4	28.9	< 0.4
96	28.2	2.0	40.0	2.3
98	12.0	1.8	25.0	1.0
100	18.4	< 0.4	30.0	< 0.4

Det synes saaledes at fremgaa av disse forsøk at vandindholdet, i ethvert fald naar det ligger indenfor visse grænser, har liten eller ingen betydning for nitrifikationens forløp. Imidlertid har vi med nogen faa jordprøver anstillet mere detaljerte forsøk med større variation i vandindholdet; disse forsøk viser at jordens vandindhold allikevel har en meget stor betydning for nitrifikationsprocessens kvantitative forløp, og de skal derfor behandles noget mere indgaaende.

I nedenstaaende tab. 15 er git en oversigt over de anvendte prøvers egenskaper.

Tabel 15. Fysisk-kemiske egenskaper ved 4 jordprøver anvendt til nitrifikationsforsøk ved forskjellig vandindhold.

(Physisch-chemische Eigenschaften bei 4 Erdproben, die für Nitrifikationsversuche bei variiertem Wassergehalt verwendet wurden.)

Nr.	Sted (Ort)	Hygrosko- pisk vand (Hygro- skopisches Wasser)	Kapillært vand (Kapilla- res Wasser)	Glødetap (Glüh- verlust)	Aske- indhold (Aschen- gehalt)	Aktuel pH.	Kvælstof- indh. i gr. pr. 1000 cm. ³ jord (Stickstoff im Gr. pr. 1000 Cm. ³ Erde)
		o/o	o/o	o/o	o/o		
102	Løvskog ved Lysekloster i Os..... (Laubwald)	1.65	34.40	7.00	56.95	5.4	2.22
104	Aapen furuskog ved Lysekloster i Os.... (Kieferwald)	2.55	34.80	5.00	57.65	5.6	1.53
105	Aapen furuskog ved Søfteland i Os..... (Kieferwald)	3.95	33.20	9.50	53.35	5.6	3.23
106	Myrjord fra lokal for- sumpning i furuskog, Søfteland i Os..... (Moor-Erde)	2.90	79.30	15.85	1.95	5.6	3.18

Som det fremgaar av tabellen kan de 4 prøver henføres til to klasser: Klasse A (nr. 102, 104 og 105) er typer paa god skogmuldjord med relativt høit askeindhold og litet glødetap; klasse B (nr. 106) er utpræget torvjord med forsvindende askeindhold og høit glødetap. Nitrifikationens avhengighet av vandindholdet er meget forskjellig hos disse to klasser. Som tab. 16 viser, har torvjorden sit nitrifikationsmaksimum ved et betydelig høiere vandindhold (72 o/o av vandkapaciteten) end muldjorden (45—67 o/o av vandkapaciteten). Men ogsaa inden muldjordprøvene er der ganske betydelige forskjelligheter. Mens prøve 105 har sit nitrifikationsmaksimum ved 45—50 o/o av vandkapaciteten, ligger det hos 102 ved 60 o/o, og endelig viser prøve 104 en meget sterk nitrifikation mellem saa vide vandindholdsgrænser som 25—70 o/o av vandkapaciteten.

Tabel 16. Nitrifikationens afhængighed av jordens vandindhold (se ogsaa fig. 4—7).¹⁾
(Abhängigkeit der Nitrifikation vom Wassergehalt der Erde.)

Nr.	Sted (Ort)	Prøvens vandindhold (Wassergehalt der Probe)		Nitrifikation — Mgr. Salpetersyre pr. 1 000 cm. ³ jord i 30 dg. (Nitrifikation, — Mgr. Salpeter- säure gebildet von 1000 Cm. ³ Erde in 30 Tg.)
		i vegtprocent av den naturlige jord (Gewichtsprozent von der Erde im natürl. Zustand)	i procent av jordprøvens vandkapacitet (Prozent von Wasserkapazität der Erdprobe)	
102	Løvsbog ved Lysekloster i Os, jordens vandkapacitet = 92.3 (Laubwald bei Lysekloster in Os, Wasserkapazität der Erde 92.3)	15	19.1	3.1
		25	36.1	12.9
		30	46.3	30.5
		36	60.9	34.0
		40	71.8	31.9
		45	88.4	0.8
104	Aapen furuskog ved Lysekloster i Os, vandkapacitet = 103.5 (Offener Kieferwald bei Lysekloster in Os; Wasserkapazität der Erde 103.5)	20	26.2	38.8
		30	41.4	43.4
		37	57.3	42.0
		41	66.8	48.2
		45	78.7	0.8
105	Aapen furuskog ved Søfteland i Os, jordens vandkapacitet = 100.0 (Offener Kieferwald bei Søfteland in Os; Wasserkapazität d. Erde 100.0)	20	25.0	19.2
		30	42.8	45.4
		37	58.7	41.5
		41	69.5	28.7
		45	81.7	0.0
106	Myrjord fra lokal forsumpning i furuskog ved Søfteland i Os, jordens vandkapacitet = 555.0 (Moorerde aus kleinem Moor in Kieferwald bei Søfteland in Os; Wasserkapazität d. Erde 555.0)	62	29.4	9.9
		75	54.0	34.7
		78	63.8	37.9
		80	72.0	41.1
		82	82.0	35.5

¹⁾ Vandkapaciteten angir hvor meget vand jorden kan fastholde — i procent av den lufttørrede jords vegt.

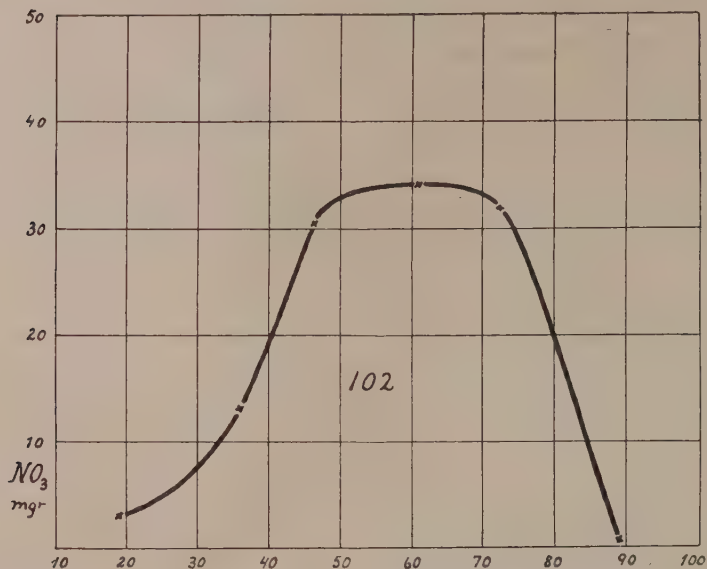


Fig. 4. Nitrifikationens afhængighed af jordens vandindhold i prøve 102, løvskog ved Lysekloster.
(Abhängigkeit der Nitrifikation vom Wassergehalt der Erde in Probe Nr. 102, Laubwald bei Lysekloster).

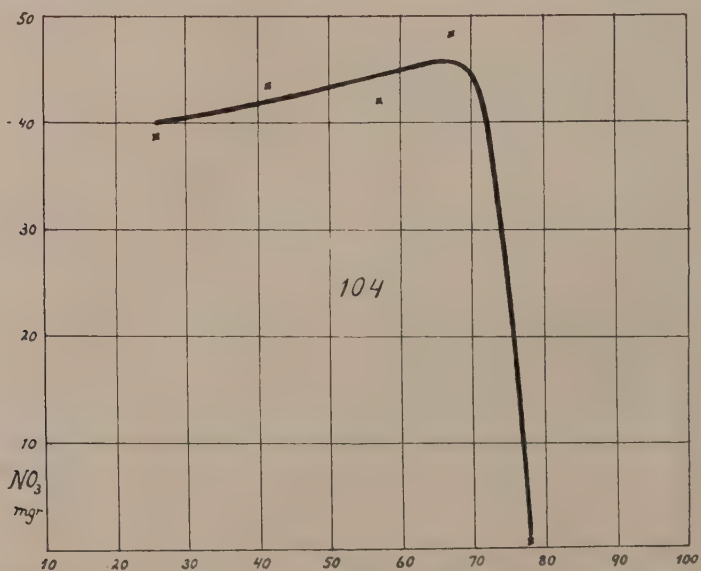


Fig. 5. Nitrifikationens afhængighed af jordbundens vandindhold i prøve 104, furuskog ved Lysekloster.
(Abhängigkeit der Nitrifikation vom Wassergehalt der Erde in Probe Nr. 104, Kieferwald bei Lysekloster).

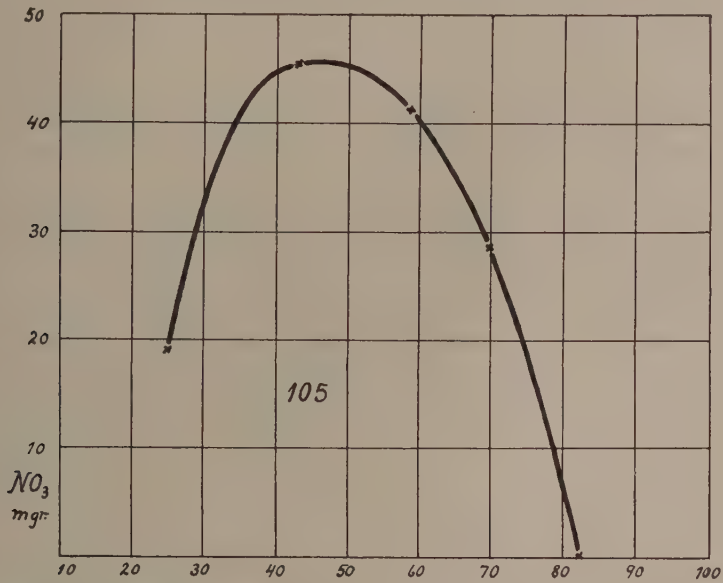


Fig. 6. Nitrifikationens afhængighed af jordbundens vandindhold i prøve 105, furuskog ved Søfteland.
(Abhängigkeit der Nitrifikation vom Wassergehalt der Erde in Probe Nr. 105, Kieferwald bei Søfteland).

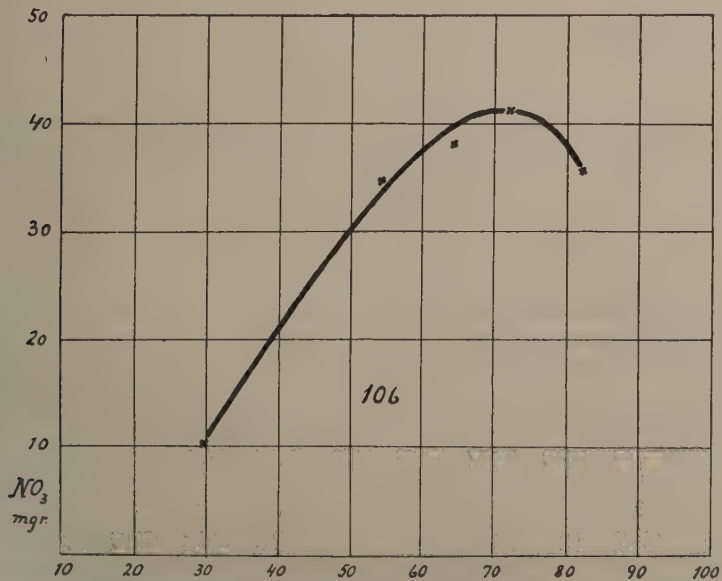


Fig. 7. Nitrifikationens afhængighed af jordbundens vandindhold i prøve 106, myrjord fra Søfteland.
(Abhängigkeit der Nitrifikation vom Wassergehalt der Erde in Probe Nr. 106, Moorerde bei Søfteland).

De i tabel 16 meddelte data er grafisk fremstillet ved kurvene i fig. 4—7¹⁾. Efter kurvenes forløp maa man anta at den nedre vandindholdsgrænse for nævneværdig nitrifikation ligger mellem 10 og 20 % av vandkapaciteten i jordprøvene 102, 105 og 106; det samme kan muligens gjælde prøve 104, men denne udmerker sig ved en meget sterk nitrifikation saa langt ned som ved et vandindhold av 26 % av vandkapaciteten.

Den øvre grænse for nitrifikation ligger for prøve 104 og 105 ved ca. 80 % av vandkapaciteten og for prøve 102 ved ca. 90 %. Prøve 106 — torvjorden — synes efter kurvens forløp at ha sin grænse ved 85—90 %. Som det fremgaar av disse 4 prøver, har jordens vandindhold relativt liten, betydning for nitrifikationens styrke i et mere eller mindre vidt omraade omkring et optimalt vandindhold. Kommer man derimot ut mot yttergrænsene, synker nitrifikationen sterkt ved smaa forandringer i vandindholdet; i prøve 104 medfører saaledes en stigning av vandindholdet fra 41 til 45 % absolut værdi (svarende til 10 % stigning beregnet i forhold til vandkapaciteten) en synkning av nitrifikationens styrke fra den maksimale værdi 48.2 mgr. til den minimale værdi 0.8 mgr.

Alle disse forskjelligheter og eiendommeligheter ved forholdet mellem jordens vandindhold og nitrifikation finder kun liten eller ingen forklaring i de fysisk-kemiske data som er opført i tab. 14. Det maa derfor bli forbeholdt nye undersøkelser ad andre veie at bringe rede i dette forhold.

2. Jordens gjennomluftning.

Jordens indhold av luft og dennes sammensætning spiller en viktig rolle for jordbundens makro- og mikroorganismer og de kemiske prosesser som skyldes dem.

Da vore undersøkelser over jordluften er meget faatallige og kun skal tjene til at gi en foreløbig orientering, skal vi her ikke gaa nærmere ind paa gjennomluftningens forskjellige sider, men innskranke os til en kort omtale av vore analyser.

Til undersøkelse av jordluftens sammensætning i de øvre jordlag (ned til 50 cm.'s dyp) har vi benyttet os av *Kroghs* mikroluftanalyseapparat (1915), som gir resultater med en nøiagtighet av ± 0.1 %. Jordluften blev herunder suget op gjennom et staalrør ved hjelp av undertryk frembragt ved et kviksolv-pumpearrangement; av de fleste prøver blev der utført dobbeltanalyser, av nogen optil 3—4 analyser.

¹⁾ I figurene er den producerte nitratmengde avsat langs Y-aksen og prøvens vandindhold i procent av dens vandkapacitet avsat langs X-aksen.

Følgende analyser er utført:

Lok. A. Forsøksfelt med rug, Søfteland.

God, noget grus- og sandblandet akerjord, i 25 cm.'s dybde haard lere.

Omspadd primo september 1918.

Analyse 15. XII. 1918, efter tørveir	CO ₂	O ₂
	%	%
10 cm. dybde	0.0	21.0
20 — „ —	0.0	20.9

Lok. B. Havejord, Søfteland.

Analyse 20. V. 1919, tørveir	CO ₂	O ₂
	%	%
20 cm. dybde	0.0	20.8
Analyse 29. VI. 1919, regnveir		
35 cm. dybde	0.2	18.9
Analyse 7. VIII. 1919, noget regn		
20 cm. dybde	0.3	20.8
50 — „ —	0.6	20.4
Analyse 1. IX. 1919, efter regn		
20 cm. dybde	jorden vandmættet, ingen luft	

Lok. C. Lerkeplantning. God muldjord, noget sandblandet.

Analyse 16. XII. 1918, efter tørveir	CO ₂	O ₂
	%	%
10 cm. dybde	0.0	21.0
20 — „ — ¹⁾	0.25	18.7
Analyse 1. V. 1919, efter tørveir		
20 cm. dybde	0.0	18.6

Lok. D. Furuplantning, Søfteland. God, sandblandet muldjord.

Analyse 29. VI. 1919, efter regn	CO ₂	O ₂
	%	%
20 cm. dybde	0.5	20.2
Analyse 7. VIII. 1919, regn		
25 cm. dybde	0.8	20.8

¹⁾ Prøven fra 20 cm. dybde er taget noget ud til siden for 10 cm. prøven.

Lok. E. Granplantning (endnu ikke sluttet bevoksning) i lyngmark,
Søfteland.

Analyse 20. V. 1919, tørveir	CO ₂	O ₂
	%	%
10 cm. dybde	0.0	20.8
30 — „ —	0.0	20.7
40 — „ —	0.2	20.6
Analyse 29. VI. 1919, regn		
20 cm. dybde	0.0	20.6
35 — „ —	0.5	18.4
Analyse 7. VIII. 1919, efter en ukes regn		
20 cm. dybde	0.35	20.4
40 — „ —	2.65 (!)	19.0
Analyse 1. IX. 1919. Efter regn.	Jord helt vandmættet, ingen luft.	

Som analysene viser, har jordluften ofte en sammensætning som svarer helt til den atmosfæriske luft. Den er dog underkastet betydelige vekslinger. Disse vekslinger er afhængig av to faktorer: 1. Jordens luftfornyelse fra atmosfæren, fremkaldt ved diffusion og trykvekslinger (gjennemluftning). 2. De biokemiske og kemiske processer i jordbunden, hvorved hovedsagelig surstof forbrukes og kuldioksyd utskilles. Disse to faktorer kan gjøre sig gjældende med forskjellig styrke til forskjellig tid og paa den maate frembringe ganske betydelige vekslinger i jordluftens sammensætning.

Vore analyser viser at efter opholdsveir og i forholdsvis tør jord har jordluften, i ethvert fald i de øvre 30 cm., en sammensætning som næsten nøiagtig svarer til den atmosfæriske luft (se lok. A, B — 20. V., E — 20. V.). I den tørre jord er altsaa ventilationen som regel meget god. En enkelt analyse C — 1. V. — viser dog at selv under tørveir kan jordluften, antagelig paa grund av mikroorganismernes intensive stofskifte faa et mindre surstofindhold end vanlig. Et lignende lavt surstofindhold paa samme lokalitet i december 1918 (C — 16. XII.), altsaa til en tid da mikroorganismene paa grund av lav temperatur har forholdsvis mindre intens livsvirksomhet, skyldes antagelig isolerende vand, idet jordlaget mellem 10 og 20 cm. indeholdt temmelig meget fugtighet.

I en række av analysene, nemlig de som er utført efter længere tids regnveir, finder vi en avtagen av jordluftens surstof og en ophopning av kuldioksyd (Lok. E — 29. VI. og 7. VIII, lok. D, lok. B — 29. VI. og 7. VIII).

I disse tilfælder er de øvre jordlag saa opfyldt av vand at luftdiffussionen blir sterkt nedsat. Det av mikroorganismene forbrukte surstof kan derfor kun langsomt fornyes, og den dannede kuldioksyd ophopes. I de mest ekstreme tilfælder blir jorden saa opfyldt av vand at al luft fortrænges. Ethvert forsøk paa at suge luft ut av jorden til analyse resulterer da bare i at apparatet fyldes med vand (lok. B — 1. IX., lok. E — 1. IX.)

Efter vor erfaring medfører den sterke og ofte langvarige nedbør i Vestlandets ytre og mellemste distrikter at jorden ofte og i længere tidsrum er helt vandmættet og uten selvstændig jordluft. Det eneste surstof som staar til disposition for de biokemiske og kemiske omsætninger i jordbunden, er da det i jordvandet opløste surstof. Dette fornyes meget langsomt og blir derfor utilstrækkelig. Det kan derfor neppe være tvil om at surstofmangel paa grund av rikelig og hyppig nedbør er en vigtig aarsak til den langsomme oksydation med efterfølgende ophopning av organisk stof (raahumus, torv) i disse egne.

3. Jordens reaktion. Metoder.

De sidste aartiers undersøkelser har vist at et mediums reaktion (surhetsgrad) er av overordentlig betydning for alle de biokemiske processer som foregaar i det. Ikke mindst betydning har i denne henseende jordbundens reaktion. De forskjellige jordtyper har sin bestemte surhetsgrad, og alt efter dennes variation vil jordens biokemiske processer, bevirket av sop og bakterier, kunne ta et meget forskjellig forløp. Det laa nær, ved vore undersøkelser over jordbundens nitrifikationsevne, ogsaa at ta hensyn til surhetsgraden og at forsøke at bestemme denne i de indsamlede jordprøver.

Forinden vi gaar over til at omtale den fremgangsmaate som her er fulgt, skal vi av hensyn til de læsere som endnu er mindre orienteret i dette emne, gi en ganske kort oversigt over begrepet „surhetsgrad“, og hvordan denne bestemmes.

Dissociations-teo ien lærer som bekjendt at en opløsnings reaktion betinges av dens indhold av vandstofioner (H^+) og hydroxylioner (OH^-). I sure opløsninger er vandstofionene og i alkaliske opløsninger hydroxylionene i overvegt. Vandstofioner og hydroxylioner kan i en og samme opløsning kun til en viss grad bestaa ved siden av hinanden. De vil altid søke at forene sig til vand efter ligningen:



I enhver vandig opløsning er der dog tilstede en viss mængde saavel av vandstof- som hydroxylioner, idet der mellem dem paa den ene side og vandmolekylene paa den anden side hersker et likevegtsforhold, som er bestemt ved ligningen:



d. e. koncentrationen av H^+ -ioner \times koncentrationen av OH^- -ioner (uttrykt i gram-ekvivalenter) er konstant = K.

Man trænger til undersøkelserne en række opløsninger, saakaldte standardopløsninger, hvis pH-værdier er nøiagtig kjendt, og hvor disse værdier varierer gradvis fra 0—14 og f. eks. med pH-intervaller av 0.2. Ved hjælp av disse standardopløsninger kan man saa lave sig en farveskala paa følgende maate: I en række reagensglas anbringes 5 cm.³ av hver standardopløsning. Til hvert glas sættes derpaa en bestemt mængde av den indikator man vet egner sig for den pH-værdi som opløsningen har. Man bestemmer nu jordartens reaktion ved at ta et vandig uttræk av jorden, anbringe 5 cm.³ av det i et reagensglas og tilsætte en bestemt mængde av netop den indikator som viser sig at passe for uttrækets pH (den passende indikator finder man let ved et par orienterende forsøk). Ved at sammenligne intensiteten av den fremkomne farve i uttrækket med standardskalaens i det omraade hvor samme indikator er benyttet, finder man let den standardopløsning som har samme farve, d. v. s. samme pH-værdi som jorduttrækket.

Nu er det som regel vanskelig at bringe paa det rene hvilke de stoffer er som betinger en jordarts surhetstilstand. Hertil kommer at enhver jordart fra kolloidlærens synspunkt maa betraktes som en dispersion med en heterogen, mere eller mindre let forskyvbar likevegt, og det er derfor ofte umulig nøiagtig at skille mellem de processer av fysisk og kemisk natur der i øieblikket er av størst betydning for vedkommende jordarts tilstand. De forskjellige jordarters vekslende sammensætning staar ogsaa i nøie forbindelse med dispersitetsgraden av alle de stoffer hvorav de er opbygget. I enhver jordart hersker derfor et samspil av saavel rent fysiske som rent kemiske processer. Og vi maa derfor i de allerfleste tilfælde nøie os med at fastsætte resultatet av hele dette samspil gjennom en bestemmelse av den i øieblikket herskende pH. Den saaledes fundne pH-værdi gjælder kun for det øieblik da undersøkelsen blev utført; under medvirkning av meteorologiske forhold, av dyrs og planters livsvirksomhet og av menneskenes indgrep forandrer pH ofte hurtig sin værdi. Det blir derfor av betydning først at fastslaa den i øieblikket herskende, aktuelle surhetsgrad, d. e. jordartens indhold av frie vandstofioner, uttrykt ved den tilsvarende pH-værdi, den aktuelle pH; men dernæst blir det ogsaa nødvendig at undersøke hvordan surhetsgraden varierer under forskjellig indvirkning utenfra, og fremfor alt med hvilken styrke jorden søker at bibeholde sin surhetsgrad.

Undersøkelser i denne retning utfører man lettest derved at man til en bestemt mængde av jordarten opslemmet i vand tilsætter vekslende, men bestemte mængder av H-ioner i form av en sterk syre, eller vekslende mængder OH-ioner i form av en sterk base. Efterat likevegt er indtraadt, bestemmer man saa igjen paa vanlig maate den nye pH. Paa denne maate faar man rede paa jordartens evne til at binde (neutralisere) syrer, d. e. H-ioner, og til at binde baser d. e. OH-ioner. Den forbindelse man finder mellem tilsat syremængde eller basemængde og den derved fremkomne surhetsgrad (pH), gir da et uttrykk for jordartens evne til at fastholde sin oprindelige reaktion. Fremstilles denne forbindelse grafisk, faar man en kurve som vist i fig. 8.

En slik kurve kaldes jordartens titreringskurve. Kurvens venstre, helt optrukne del angir jordens syrebindingsevne eller basisitet og betegnes som kurvens basisitetsgren eller for korthets skyld: basegren; dens høire, strekede del angir jordens basebindingsevne eller aciditet og betegnes som aciditetsgren eller syregren. Man kalder den surhetsgrad som paavises hos jordarten (i dens oprindelige tilstand) for dens aktuelle surhetsgrad; den angir den mængde av frie vandstofioner som jorden i øieblikket disponerer over som en staaende hær. Den gjennom titreringskurven fundne base- eller syrebindende evne kaldes den potentielle surhetsgrad; den gir et uttrykk for hvor mange H-ioner (resp. OH-ioner) jordarten i det hele formaar at mobilisere til neutralisering av en bestemt mængde tilsat base eller syre, og omfatter derfor saavel de frie som de for anledningen av jordens udissozierte forbindelser avspaltede ioner. Det er av betydning at kjende saavel den aktuelle som den potentielle surhetsgrad hos en jordart. Den første angir de surhetsbetingelser hvorunder organismene lever i jorden paa det tidspunkt da denne blev undersøkt. Den potentielle surhetsgrad angir hvordan jorden forholder sig til syre- og basetilsætning og er derfor en værdifuld rettesnor naar man ved tilsætning av bestemte stoffer, f. eks. ved kalkning, ønsker at bibringe jorden en for plantenes eller mikroorganismenes trivsel heldigere surhetsgrad.

Skal man ved hjælp av titreringskurven faa et indblik i jordartens natur, er det nødvendig at kjende til hvilke faktorer der i almindelighet virker bestemmende paa titreringskurvens forløp inden de forskjellige omraader av pH-skalaen.

PH

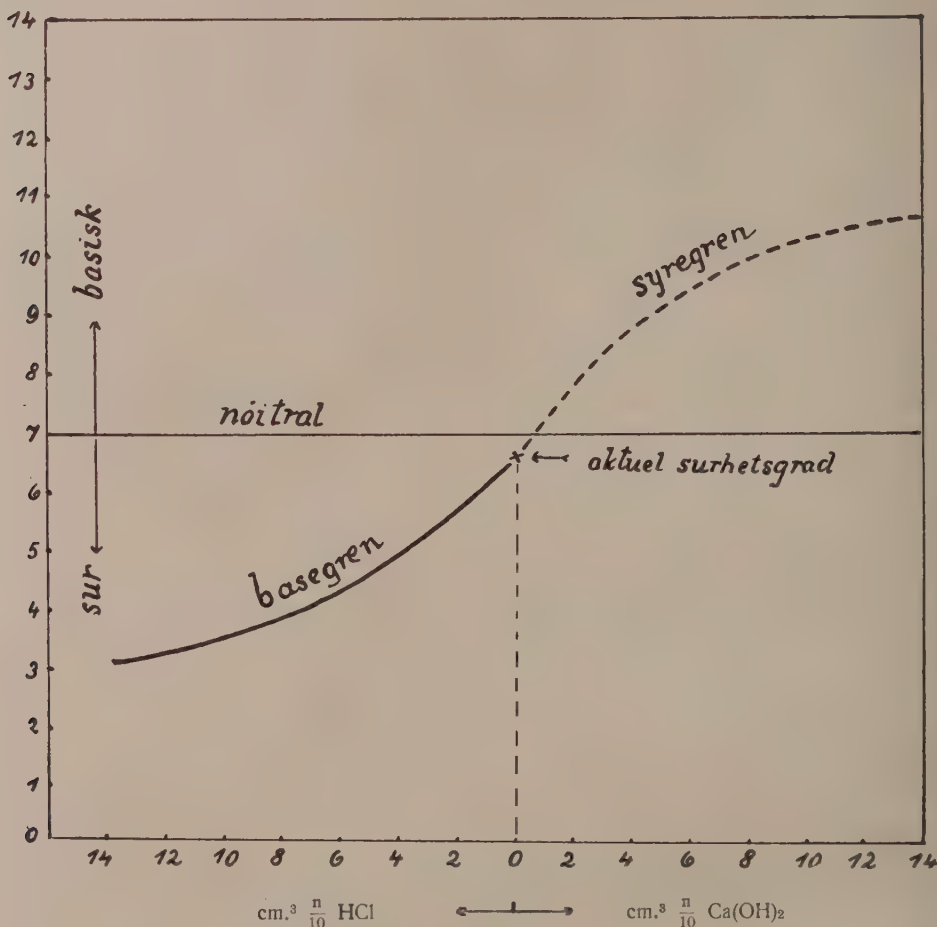


Fig. 8. Skematisk titreringskurve.
(Schematische Titrierungskurve).

Vi skal derfor ganske kort betrakte disse forhold.

For enhver elektrolyt, syre, base eller salt, som er oppløst i vand gjælder det, at der mellem de dissocierte dele (ionerne) og de udissozierte dele (molekylerne) vil bestaa et bestemt likevegtsforhold.

La os gaa ut fra en binær elektrolyt A som i vand dissocieres i ionerne B⁺ og C⁻. Kaldes, naar likevegt er indtraadt i opløsningen, koncentrationen av A for C_A, av B⁺ for C_{B⁺} og av C⁻ for C_{C⁻}, saa er likevegtsforholdet bestemt ved ligningen:

$$\frac{C_B \times C_{C'}}{C_A} = K \quad (1)$$

Her er K en konstant størrelse, som er karakteristisk for vedkommende forbindelse. For en enbasisk syre HS har man derfor:

$$\frac{C_H \times C_{S'}}{C_{HS}} = K_{HS} \quad (2)$$

og for den tilsvarende base BOH :

$$\frac{C_{OH'} \times C_B}{C_{BOH}} = K_{BOH} \quad (3)$$

For syren HS gjelder det at jo større dens dissociationskonstant K_{HS} er, desto større er dens dissociationsgrad, d. e. mængden av fraspaltede H -ioner ved en bestemt syrekonsentration. Dissociationskonstanten benyttes derfor som et maal for syrens styrke. Det samme forhold gjelder for en base, og dens K_{BOH} er et maal for dens styrke.

Angir man syrens og basers dissociationskonstanter som potenser av 10, altsaa f. eks. $K_{HS} = 10^{-p_s}$ og $K_{BOH} = 10^{-p_b}$ kan deres styrke (paa tilsvarende maate som surhetsgraden ved pH) uttrykkes ved hjelp av potenseksponentens talværdi: p_s og p_b , de saakaldte styrkeeksponenter (Bjerrum).

Dissociationskonstantens størrelse varierer meget saavel for baser som for syrer. Sterke syrer, som f. eks. saltsyre, svovlsyre, salpetersyre har en dissociationskonstant = ca. 1, og er i fortyndede, vandige opløsninger praktisk talt helt dissociert i sine ioner. Middels sterke syrer som f. eks. melkesyre ($K = 10^{-4.15}$, $p_s = 4.15$) og eddikesyre ($K = 10^{-4.75}$) er i vandige opløsninger dissociert bare til nogen ganske faa procent. En svak syre som kulsyre med $p_s = 6.52$ er dissociert med mindre end 1 procent og borsyre med $p_s = 8.77$ er saa svakt dissociert, at dette bare saavidt kan paavises.

Paa lignende maate kan basene ordnes i række: fra de sterkeste baser (alkalienes og jordalkalienes hydroxyder) over de middelssterke som ammoniak med $p_b = 4.75$ til de svake som pyridin med $p_b = 8.8$ og de meget svake som urinstof med $p_b = 13.9$.

Ved første øiekast skulde man tro at der til neutralisering av f. eks. én ekvivalent eddikesyre, hvorav bare nogen ganske faa procent forekommer dissociert som H -ioner og CH_3COO -ioner, vil kræves et mindre kvantum av en $\frac{n}{1}$ -natronlutopløsning end der kræves til neutralisering av en ekvivalent saltsyre, som er næsten fuldstændig dissociert i H - og Cl -ioner. Et titreringsforsøk viser imidlertid at en ekvivalent eddikesyre og en ekvivalent saltsyre forbruger like meget natronlut. Man bestemmer nemlig ved titreringen med en base ikke syreopløsningens indhold av de i øieblikket frie vandstofioner, d. e. opløsningens aktuelle surhetsgrad, men derimot hvormange H -ioner (frie og efterhvert avspaltede) som syreopløsningen under de givne forhold formaar at stille til disposition til neutralisering av basen, indtil den H -ionkonsentration naaes hvor den ved titreringen benyttede indikator har sit farveomslag. Man bestemmer følgelig opløsningens potentielle surhetsgrad.

Aarsaken hertil ligger i følgende forhold: Idet der til eddikesyreopløsningen sættes OH -ioner (i form av natronlut), vil disse reagere med opløsningens frie H -ioner og danne vand (H_2O). Saa snart alle i øieblikket frie H -ioner er bliit neutraliseret, vil forholdet mellem mængden av udisso-cieret syre og mængden av dens ioner ikke længere tilfredsstillende ovenstaaende ligning (2); likevekten er forstyrret, og en del av den udisso-cierede syre maa spalte sig i sine ioner indtil det rette forhold igjen er oprettet. Der dannes derved nye H -ioner i opløsningen, og denne proces vil foregaa saalænge som natronlut tilsættes indtil al eddikesyre har spaltet sig i sine ioner. Fra dette øieblik kan der ikke dannes flere H -ioner i opløsningen, og fortsat tilsætning av natronlut vil gi et

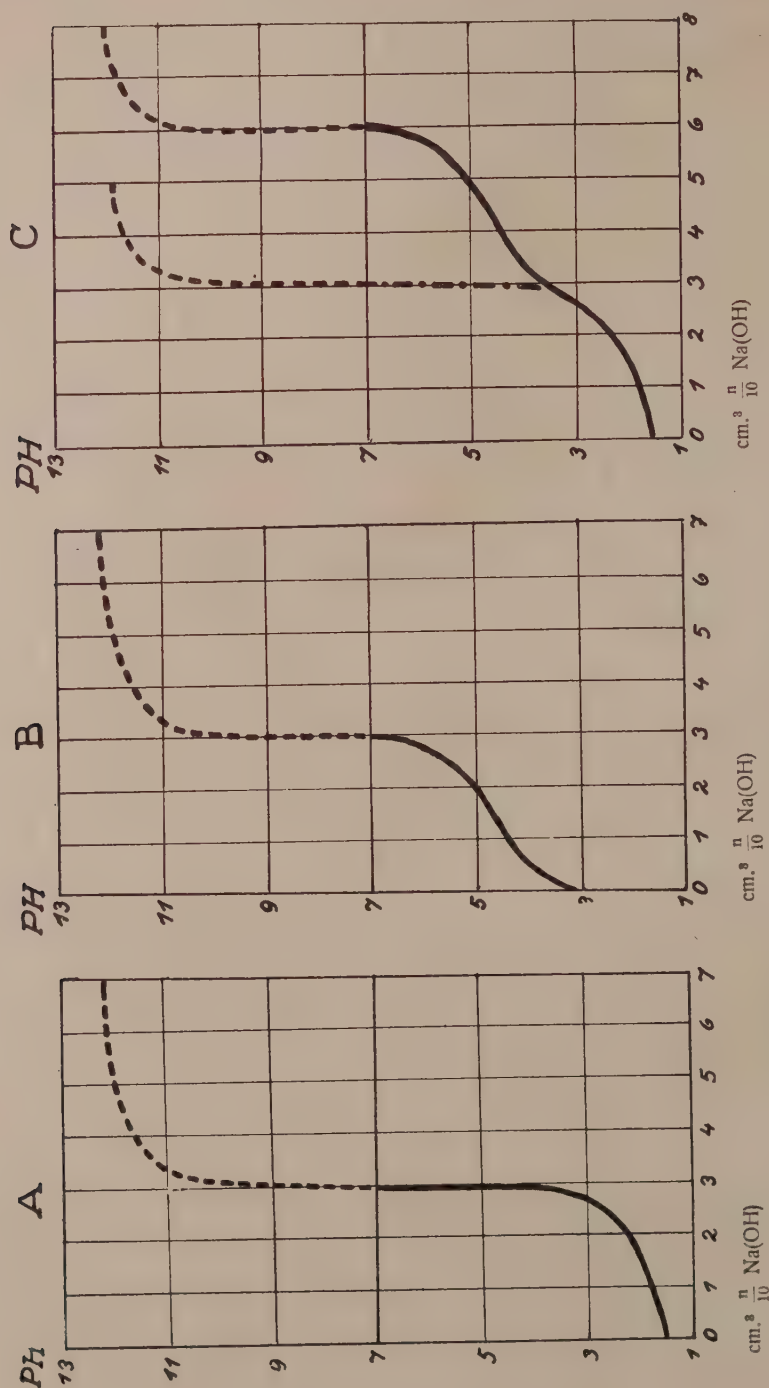


Fig. 9 A Titreringskurve for 3 cm.³ $\frac{n}{10}$ HCl opløst i vand til 10 cm.³

(Titreringskurve for 3 cm.³ $\frac{n}{10}$ HCl i vand til 10 cm.³ med 10 cm.³ vand)

9 B Titreringskurve for 3 cm.³ $\frac{n}{10}$ eddikesyre opløst i vand til 10 cm.³

(Titreringskurve for 3 cm.³ $\frac{n}{10}$ Essigsyre i vand til 10 cm.³ med 10 cm.³ vand)

9 C Titreringskurve for 3 cm.³ $\frac{n}{10}$ HCl + 3 cm.³ $\frac{n}{10}$ eddikesyre opløst i vand til 10 cm.³

(Titreringskurve for 3 cm.³ $\frac{n}{10}$ HCl + 3 cm.³ $\frac{n}{10}$ Essigsyre i vand til 10 cm.³ med 10 cm.³ vand)

(Efter Michaelis).

overskud av OH-ioner, d. e. opløsningens reaktion gaar over fra sur til alkalisk, og indikatoren skifter farve.

Under en slik titrering av en syreopløsning med en sterk base vil opløsningens indhold av frie H-ioner — den aktuelle surhetsgrad — forandre sig paa forskjellig maate eftersom det er en mere eller mindre sterk syre som titreres. Herunder virker ikke bare størrelsen av syrens dissociationskonstant, men ogsaa mængden av syren bestemmende. Forandringene i den aktuelle surhetsgrad kan man forfølge ved at benytte den elektrometriske eller kolorimetriske metode og sætte resultatet op grafisk i en titreringskurve, som ovenfor er omtalt. Titreringskurvens form vil kunne gi oplysninger om en syres styrkegrad og ofte om arten av de forskjellige komponenter i en blanding av syrer eller syrer og deres salter. I fig. 9 er saaledes efter *Michaelis* (1917) gjengitt titreringskurver for ekvivalente mængder av saltsyre og eddikesyre og for en blanding av ekvivalente mængder av disse syrer. Fig. 9 A viser kurveforløpet for $3 \text{ cm.}^3 \frac{n}{10}$ saltsyre opløst i vand til 10 cm.^3 ved titrering med $\frac{n}{10}$ natronlut. Som man ser, har denne opløsning av en sterk syre en meget lav pH-værdi, og denne stiger forholdsvis meget langsomt indtil der er tilsat hele 2.7 cm.^3 av de 3.0 cm.^3 natronlut som er nødvendig til neutralisering. Først de sidste 0.3 cm.^3 natronlut gir kurven en sterk stigning, og umiddelbart før de sidste draaper er tilsat, stiger kurven næsten lodret fra $\text{pH} = 4$ til neutralpunktet $\text{pH} = 7.0$. En videre, ytterst liten tilsætning av natronlut gir en meget hurtig økning av pH med næsten lodret stigning av kurven til $\text{pH} = 11$ og derfra svak stigning til $\text{pH} = \text{ca. } 12.2$, som er den saaledes fortyndede natronluts pH-værdi. Karakteristisk for denne sterke syres titreringskurve er altsaa at den begynder sit forløp ved en lav pH-værdi og først like før neutraliseringen antar et steilere forløp med næsten momentan stigning av pH fra 4 til 7.

Fig. 9 B viser titreringskurven for en lignende titrering av en svakere syre, her $3 \text{ cm.}^3 \frac{n}{10}$ eddikesyre. Denne syre er langt mindre dissociert end saltsyren, og kurven begynder derfor ved en adskillig høiere pH-værdi, som er bestemt gjennom syrens styrkeekspONENT og den syremængde som er tilstede. Er syren tilstede i forholdsvis stor mængde vil dette bevirke et tilsvarende flattere forløp av kurven, og de pH-værdier som den gjennomløper, ligger i nærheten av den værdi som angives ved syrens styrkeekspONENT, i dette tilfælde 4.75 (*Bjerrum — 1918*). Først naar det meste av den udissozierte syre er forsvundet, antar kurven et steilere forløp og gaar, umiddelbart før den fullstændige neutralisation, steilt op mot $\text{pH} = 7.0$. (Her er set bort fra hydrolysen av det dannede natriumacetat).

For en blanding av en sterk og en middelssterk syre, som saltsyre og eddikesyre, faar titreringskurven et forløp som vist i fig. 9 C. Her er eddikesyrens dissociation trængt helt tilbake av den sterke saltsyre, og kurven har først et forløp som om bare saltsyre var tilstede; men saasnart der er tilsat saa meget lut at opløsningens pH-værdi blir lik eddikesyrens ($\text{pH} = 3.1$), begynder eddikesyren at dissociere, og kurven faar fra nu av et forløp som om bare eddikesyre var tilstede.

Hvor der derfor foreligger en blanding av en række syrer med dissociationskonstanter fra 1 og nedover, vil de alle sætte sit præg paa forløpet av blandingens titreringskurve. Hver enkelt syre vil nemlig fremkalde et avlatet forløp av kurven i det bestemte omraade av pH-skalaen som angis med vedkommende syres styrkeekspONENT. Jo større forskjell der da er mellem to paa hinanden følgende syrer styrkeeksponenter, desto tydeligere vil ved titreringen overgangen fra den ene til den anden gjøre sig gjældende i kurvens forløp. Derimot vil denne overgang bli mere og mere utvasket og kurven desto jevnere jo nærmere de to syrer styrkeeksponenter ligger hinanden.

For forløpet av en bases eller baseblandings titreringskurve gjælder en fullstændig tilsvarende betragtningsmaate. (Sammenlign ligningene 2 og 3).

I almindelighet forekommer der nu ikke bare baser eller bare syrer i en opløsning, men en blanding av disse og deres forbindelser (salter). Opløste salter er som regel praktisk talt helt dissocierte i sine ioner, og det er av interesse at se hvordan de dermed indvirker paa titreringskurvens forløp.

Blandes to opløsninger som hver indeholder en elektrolyt og hvor de to elektrolyter har et fælles ion, vil et av to tilfælde indtræffe: 1. Saafremt de to elektrolyter er like sterkt disso-

cieret, vil der praktisk talt ikke foregaa nogen forandring i deres dissociation. (Se ligning 1, s. 99). Som eksempel kan her nævnes blanding av en sterk syre eller en sterk base med et av deres salter. 2. Saafremt den ene elektrolyt er svakere dissociéret end den anden, vil ved en blanding av dem dissociationsforholdene forandres, idet den svakere elektrolyts dissociation altid vil trænges tilbake. (Se ligning 1, s. 99). Eksempler herpaa finder man ved blanding av svake syrer eller baser med et av deres salter.

I en slik blanding av en svak syre eller en svak base med et av dens salter finder man, under forutsætning av at de to elektrolyter er tilstede i mengder av omtrent samme størrelsesorden, at blandingen faar en pH -værdi som ligger i nærheten av vedkommende syres eller bases styrkeeksponent. Saaledes vil f. eks. en passende blanding av eddikesyre og natriumacetat ha en pH -værdi som ligger omtrent ved 4.75 ($=$ eddikesyrens styrkeeksponent). Av fig. 9 B vil man se at f. eks. en blanding av eddikesyre og natriumacetat i forholdet 10:2 har en $pH = 4$, og en blanding i forholdet 10:20 en $pH = 5$.

Saadanne blandinger av svake syrer eller baser med deres salter spiller en overordentlig stor rolle. De har av *S. P. L. Sørensen* faat navnet støtputer, idet de søker at motvirke større vekslinger i en oppløsnings pH -værdi naar der tilføres syrer eller baser. I sin almindelighet betegnes som støtpute ethvert stof som søker at bevare sin oprindelige pH -værdi naar der tilføres eller fjernes H - eller OH -ioner. Disse stoffer har en utstrakt forekomst i naturen og spiller en overordentlig viktig rolle for alle organismers livsproces — ikke mindst for de organismer som lever i jordbunden.

Som eksempel paa hvorledes en støtpute virker, kan følgende anføres: Rent vand har en $pH = 7$. Tilsættes litt saltsyre saa vandet blir $\frac{n}{100}$ m. h. p. saltsyre vil pH synke fra 7 til 2. Tilsættes derimot vandet først saa meget eddikesyre og natriumacetat at det er $\frac{n}{10}$ med hensyn paa hver av disse og altsaa faar en $pH = 4.75$ (se fig. 9 B), vil denne blanding virke som støtpute, og tilsætningen av den ovennævnte mengde saltsyre vil bare bevirke en synkning av pH fra 4.75 til 4.65. pH -værdien vil altsaa til at begynde med bli omtrent uforandret naar der til en passende blanding av eddikesyre og natriumacetat sættes økede mengder sterk syre. Forklaringen hertil finder man deri at acetationene ikke kan bestaa som saadanne naar der tilsættes saltsyre, men maa forene sig med dennes H -ioner til udissoziert eddikesyre. Saalænge derfor blandingen indeholder tilstrækkelig av acetationer, d. e. av det eddikesure salt, vil de tilførte H -ioner neutraliseres gjennom overføring til eddikesyre; denne nydannede eddikesyre dissocieres bare til en ytterst liten grad, og oppløsningens pH vil derfor avta ganske litet.

Tilsætningen av en sterk base til eddikesyre-natriumacetatblandingen vil til en begyndelse heller ikke fremkalde nogen merkbar forandring i blandingens pH . I dette tilfælde vil nemlig de med basen tilførte OH -ioner bevirke en spaltning av den udissozierte eddikesyre i acetationer og H -ioner og derefter forene sig med disse sidste til vand.

I almindelighet er regelen at svake baser og salter av svake syrer virker som støtputer ved tilsætning av en sterk syre, og svake syrer og salter av svake baser virker som støtputer ved tilsætning av en sterk base. Det omraade av pH -skalaen hvori støtputevirkomheten gjør sig gjældende, er hovedsagelig bestemt gjennom den svake syres og bases styrkeeksponenter. Hvor sterkt vedkommende støtpute her kan gjøre sig gjældende, bestemmes gjennom mengden og mengdeforholdet av støtputekomponentene.

En jordarts støtputeevne er av stor betydning for planteveksten. Er støtputeevnen liten, saa vil jordarten, selv om den oprindelig har en for plantene gunstig pH , meget let f. eks. ved syreproduksjon fra de høiere planter eller mikroorganismer bringes over i en ugunstig pH -tilstand. En støtputerik jord vil derimot mobilisere sine støtpute-ioner og i det længste bevare den oprindelige pH .

En jordarts støtputeevne skyldes i almindelighet en række forskjellige reaktionsregulerende stoffer; disse kan virke regulerende i forskjellige, men for hvert stof karakteristiske omraader av pH -skalaen, og deres regulerende evne er desuten avhengig av den mengde hvori de er tilstede.

Da desuten støtputereguleringen er avhængig av den tilsatte syres eller bases karakter og mængde og endelig av jordbestanddelenes dispersitetsgrad, vil det forstaaes at det er et samspil av mange og for det meste ukjendte faktorer, som danner grundlaget for en jordprøves titreringskurve. En nærmere utforskning av disse ukjendte faktorer, fremfor alt av de forskjellige jordstøputer og deres virkeomraade i pH-skalaen vil endnu kræve omfattende undersøkelser; disse er i Danmark paabegyndt av Bjerrum og Gjaldbæk (1919).

Titreringskurvens forløp og utseende er som nævnt ikke bare avhængig av den undersøkte jordart, men ogsaa av de tilsatte syres og basers karakter og av de forhold hvorunder denne tilsætning finder sted. Skal man derfor opstille titreringskurver, maa man behandle alle prøver paa nøiagtig samme maate: i like lang tid, ved samme temperatur og opslemmet til samme volum. I det følgende skal vi derfor gi en nøiagtig beskrivelse av den av os fulgte fremgangsmaate.

Jordartens aktuelle og potentielle surhetsgrad har vi bestemt i vandige uttræk ved hjælp av *S. P. L. Sørensens* kolorimetriske metode (1909) og under bruk av *Clark og Lubs'* indikatorer (1917 og 1920).

I en række vidhalsede glasflasker (80 cm.³ volum) med glasprop avveiedes jordportioner à 15 gr. For hver jordprøve blev der i én flaske tilsat 30 cm.³ destillert vand (CO₂-frit), mens der i de øvrige tilsattes 30 cm.³ av en opløsning, som indeholdt vekslende mængder av saltsyre eller kalkvand. Nummereres hver jordprøves flasker fra 1—10, saa indeholder hver av dem foruten 15 gr. jord de i nedenstaaende oversigt opførte saltsyre- eller kalkvandmængder.

Der anvendtes en filtrert, klar, ved værelsetemperatur mættet kalkvandsopløsning. Dens normalitet blev bestemt, og de til jordprøvene tilsatte mængder av denne opløsning blev omregnet til at gjælde $\frac{1}{10}$ -normal Ca (OH)₂ og er angit i cm.³ saadan opløsning.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cm. ³ dest. H ₂ O.....	22	24	26	28	29	30	28	25	21	17
Cm. ³ $\frac{n}{10}$ HCl	8	6	4	2	1	0	0	0	0	0
Cm. ³ $\frac{n}{10}$ Ca (OH) ₂	0	0	0	0	0	0	2	5	9	13

Med dette indhold stod flaskene tilproppet 1 døgn ved alm. værelsetemperatur; de blev herunder gjentagne gange godt rystet. Derpaa blev jordpartiklene filtrert fra gjennom papirfilter, og i det klare filtrat utførtes den kolorimetriske bestemmelse av p_H. (De første draaper maa paa grund av adsorbition i filterpapiret ikke benyttes).

De standardopløsninger som blev benyttet var alle fremstillet af kemisk rene præparater paa den af *S. P. L. Sørensen* (1909) angivne maate; borax- og borsyreopløsningene fremstilledes efter *Palitzsch* (1915).

- $\frac{n}{10}$ saltsyreopløsning
- $\frac{n}{10}$ natriumhydroxydopløsning
- $\frac{m}{10}$ sekundært natriumcitratopløsning
- $\frac{m}{20}$ boraxopløsning
- $\frac{m}{5}$ borsyreopløsning
- $\frac{m}{15}$ sekundært natriumfosfatopløsning
- $\frac{m}{15}$ primært kaliumfosfatopløsning

Av disse opløsninger blev der fremstillet en række blandinger med vandstofion-ekspONENT liggende mellem $p_H = 1.0$ og $p_H = 13.0$ og slik at hver blanding i rækken havde en p_H -værdi som var 0.2 enheter større end den foregaaende. Denne række av blandinger blev benyttet som sammenligningsskala ved bestemmelsen av jordprøvens reaktion.

Som indikatorer blev benyttet det af *Clark* og *Lubs* anvendte indikatorsæt, der fuldstændig dækker et omraade av p_H -skalaen fra $p_H = 1.2$ til $p_H = 9.8$. Disse indikatorer er følgende:

Nr.	Navn	Brukbar i p_H -omraadet	Farve-omslag
1.	Thymolsulphonphtaleïn (Thymol Blue)	1.2—2.8	rød-gul
2.	Tetrabromphenolsulphonphtaleïn (Brom-Phenol-Blue) ..	3.0—4.6	gul-blaa
3.	Orthocarboxybenzen- azodimethyl-anilin (Methyl-Red) .	4.4—6.0	rød-gul
4.	Dibromocresolsulphonphtaleïn (Brom-Cresol Purple) ...	5.2—6.8	gul-violet
5.	Dibromthymolsulphonphtaleïn (Brom-Thymol Blue) ...	6.0—7.6	gul-blaa
6.	Phenolsulphonphtaleïn (Phenol Red)	6.8—8.4	gul-rød
7.	O- Cresolsulphonphtaleïn (Cresol Red)	7.2—8.8	gul-rød
8.	Thymolsulphonphtaleïn (Thymol Blue)	8.0—9.6	gul-blaa

Om disse indikatorer sier *Clark* og *Lubs* (l. c.) bl. a.:

„We feel sure that those who use the sulphonephtaleïne-series of indicators, — — — will be impressed by the advantage of their wonderful brilliancy. This, combined with their relatively small protein and salt errors, make the series eminently useful“.

Gillespie (1918) anvendte ved sine jordbundsundersøkelser bl. a. indikator nr. 2, 3, 5 og 6 i ovenstaaende fortegnelse og sier om dem: „In all cases there was a

good agreement between the electrometric and colorimetric results. Such agreements show that the two methods give comparable results and give ground for inferring that such results are approximately correct“.

Vi kan derfor anta at de av os utførte kolorimetriske bestemmelser har git tilstrækkelig nøiagtige resultater til en første orientering; det er forøvrig nu lykkedes os at faa monteret et komplet apparatutstyr for elektrometriske maalinge, og vi vil ved de planlagte, fortsatte undersøkelser ogsaa benytte os av disse.

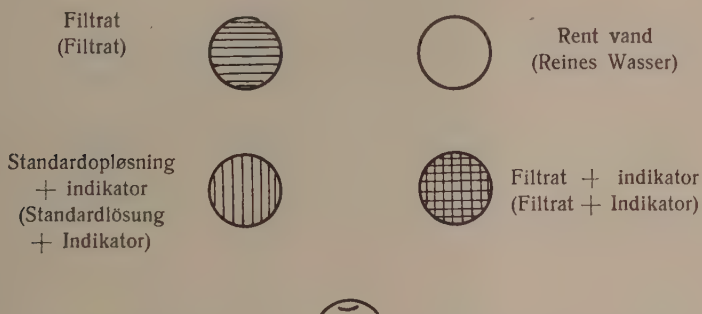


Fig. 10. Kompensationsanordning ved kolorimetrisk pH-bestemmelse.
(Kompensierungsanordnung bei kolorimetrischer pH-Bestimmung).

Efter vor erfaring er da ogsaa de ovenfor nævnte indikatorer, dog med undtagelse av nr. 2 og delvis nr. 4, fuldt anvendelige saavel i dagslys som i elektrisk lys. Nr. 2 og nr. 4 bør efter *Clark* og *Lubs* kun benyttes i lys som er fattig paa blaa straalene, — en anvisning som vi ogsaa har fulgt; forøvrig maa vi med hensyn til indikatorernes anvendelse henvise til den tidligere nævnte avhandling av *Clark* og *Lubs* (1917).

Ved den kolorimetriske bestemmelse har vi gaat frem paa følgende vis: I en række reagensglas avmaalt 5 cm.³ av hver av de blandinger som anvendtes til sammenligningsskalaen, og der tilsattes et bestemt antal draaper av den for vedkommende blandings pH mest passende indikator. Reagensglassene blev anbragt i et stativ som av *S. P. L. Sørensen* benyttet, og med den saaledes fremstillede farveskala sammenlignet vi farveintensiteten av de 5 cm.³ jorduttræk, efterat ogsaa disse var tilsat det bestemte antal draaper av den bedst passende indikator.

De jordprøver som kun var tilsat destillert vand og de som var tilsat salt-syre og vand, gav praktisk talt altid farveløse filtrater, som let lot sig kolorimetrisk bestemme. Filtratet fra de jordprøver som blev tilsat $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -opløsning, antok ofte en gulagtig tone, og ved den kolorimetriske bestemmelse blev denne kompensert (se fig. 10) ved en lignende kompensator som tidligere (s. 20) er nævnt ved

salpetersyrebestemmelsen. Denne kompensationsmetode yder i al sin enkelthet udmerket hjælp.

De ved hjælp av denne kolorimetriske metode fundne surhedsgrader findes opført med sine p_{H} -værdier i tabel nr. 20 (bak i boken). Den eksperimentelle feilgrænse er her ca. ± 0.1 i p_{H} 's talværdi.

Før vi gaar over til at diskutere de forskjellige typer av titreringskurver hos de undersøkte jordarter, kan det være av interesse ganske kort at berøre de faktorer som spiller ind ved utformningen av de forskjellige jordtyper.

Meget væsentlige træk av jordartenes egenskaper kan som bekjent føres tilbake til karakteren av de bergarter hvorav de er dannet. De „sure“ bergarter (med et Si O_2 -indhold av 65—80 %) som granit og gneis gir som regel i et nedbørrikt klima oprindelsen til tunge, tette og „kolde“ jordarter med enkeltkornstruktur og rikelig raahumusdannelse. Av mere basiske bergarter (med Si O_2 indhold < 50 %) som diorit og gabbro fremgaar derimot som oftest lettere, løsere jordarter overveiende av grynnet struktur og med mindre raahumusdannelse.

Efterhvert som de forskjellige bergarter forvitrer, dannes der paa grund av vandets hydrolyserende evne primært hovedsagelig en række hydroxyder samt kiselsyre. Av de første optrær f. eks. K(OH) , Na(OH) , Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2 med saavel konstant dispersitet som konstant elektrisk ladning: de er ionedisperse. Derimot optrær saavel Al(OH)_3 som Fe(OH)_3 kolloidalt i solform, og disse soler er positivt ladet: $[\text{Al(OH)}_3]^-$, $[\text{Fe(OH)}_3]^+$. Ogsaa den ved hydrolysen dannede kiselsyre forekommer kolloidal, men som negativt ladet sol: $[\text{Si O}_2 \cdot n \text{ H}_2 \text{ O}]^-$.

De ved hydrolysen primært dannede forbindelser vil reagere baade med hinanden og med andre i jorden tilstedeværende forbindelser. Av disse sidste har humusstoffene den største betydning. De senere aars jordbundsundersøkelser viser meget forskjellige opfatninger av humusstoffenes natur og virkemaate, og den opfatning som i humusstoffene (og humussyrene) ser væsentlig kolloidale forbindelser hvis sure reaktion skyldes fysisk-kolloidal adsorbtion (*Baummann — Gully*

1910), staar ofte steilt imot en opfatning som gir humussyrene virkelig syrekarakter og oppfatter deres basebindende evne som en virkelig neutralisering (*S. Odén — 1912, 16, 19*). Det er her paa dette stadium av vore undersøkelser ingen grund for os til at ta standpunkt i denne strid. En mere indgaaende undersøkelse av jordartenes p_{H} -værdier og deres titreringskurver vil sikkert kunne yde vigtige bidrag til løsning av striden; foreløbig skal vi i ethvert tilfælde ikke overse det kolloid-

kemiske synspunkt, som i mange retninger kaster et godt lys over de udviklede jordbundskemiske problemer. Humusstoffene synes overveiende at forekomme i kolloidal tilstand, og naar denne har form av et flytende dispersoid -- et sol, spiller de en meget vigtig rolle som „beskyttelseskolloider“; de forhindrer i denne tilstand utfældningen av dispersionene av $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ og SiO_2 , som ellers kun kan forekomme i soltilstand i smaa koncentrationer. Er der tilstrækkelig av solhumus tilstede, vil disse mineralrester holdes opløst av beskyttelseskolloidet humus og med dette føres ned i dypere jordlag, hvor de efterhaanden ved elektrolyt-overmætning av humus-solet kommer til utfældning. Man finder i slike tilfælde under et tykt raahumuslag et lyst utvasket lag — blysand —, hvor mineralrestene Fe og Al er bortført av sol-humusen. Under det lyse lag finder man et brunt lag, ofte med al-dannelse, hvor f. eks. jernet igjen er utfældt i kolloidal tilstand.

Er der allerede i de øvre lag rikelig tilgang av elektrolyter, særlig av Mg- og Ca-ioner, vil humusforbindelsene ikke kunne virke som beskyttelseskolloider; de vil tvertimot faa en mere og mere grovdispers tilstand og gaar ved rikelig elektrolyttilgang over i „adsorbtiv mættet“ humus, der faar grynnet struktur og egenskaper som god mark- eller skogmuldjord.

Naar vi skal prøve at orientere os med hensyn til de opplysninger som titringskurvene gir om jordartens egenskaper, maa vi erindre at det er følgende forbindelser som især bestemmer en jordarts basisitet eller aciditet: Humusstoffene, hydroxyder: særlig $\text{Al}(\text{OH})_3$ og $\text{Fe}(\text{OH})_3$, kiseltsyre og karbonater (især Ca- og Mg-karbonater). Bortset fra humusstoffene er dette forbindelser av kjendt sammensætning.

Humus er brune til sorte stoffer av ukjendt kemisk sammensætning og dannet i jordbunden gjennom nedbrytning av den organiske substans fra planter og dyr. Det er en blanding, i kolloidal form, av mere eller mindre uspaltede plante- og dyrerester sammen med meget kulstofrike spaltningsprodukter. I sin kolloide form har humus evne til at adsorbere en række stoffer. Eftersom den er mere eller mindre „mættet“ (sandsynligvis saavel ved ren adsorbtion som ved kemisk binding), er den mere eller mindre gunstig for planteveksten.

Fra humus har man kunnet isolere en række organiske forbindelser av kjendt sammensætning som f. eks. én- og tobasiske syrer; men man har ogsaa fundet vigtige organiske stoffer av hittil ukjendt sammensætning, som vanlig benævnes humussyrer. Disse sidste er tungt oppløselige i vand, men danner let kolloidale oppløsninger; de er nu af flere forskere, særlig *S. Odén* (1919), tillagt syrekarakter. Det fremgaar av nævnte forskers meget omfattende undersøkelser, at humussyren er en middelssterk firebasisk syre, hvis vandige oppløsning har en $\text{pH} = \text{ca. } 4\text{--}5$.

Av dens salte er bare alkalisaltene let opløselige, og den kan derfor fremstilles ved behandling av humus med alkalier.

Vi skal ved hjelp av de foran anførte momenter studere forløpet av de enkelte jordprøvers titreringskurver og prøve om de kan gi os et dypere indblik i jordartens natur og egenskaper. Det gjælder dels at faa en orientering over den aktuelle surhetsgrad, dels at faa et uttrykk for jordprøvens „støtpute“-indhold.

For titreringskurvens forløp hos en jordprøve vil primært følgende to faktorer være avgjørende: 1. Sammensætningen av den bergart hvorav jorden er dannet, virkende ved den mengde og den tilstand hvori denne og dens forvittringsprodukter — de minerogene bestanddele — er tilstede. 2. Mængden av og nedbrytningstrinnet for de tilstedeværende humusstoffe — de organogene bestanddele. Vi har til en foreløbig orientering lagt forholdet mellom disse to klasser av bestanddele til grund for betraktningen av kurvene. Dette muliggjør selvfølgelig bare en første oversigt. Den videre utformning av studiet av jordarternes titreringskurver maa gaa haand i haand med nøiagtige analyser av deres indhold av f. eks. organiske syrer og av hydroksyder, som aluminiumhydroxyd, jernhydroxyd og magnesium- og calciumforbindelser o. s. v., undersøkelser som vi paa grund av manglende adgang til et kemisk laboratorium foreløbig har maattet avstaa fra.

Den følgende diskussion av vore jordprøvers titreringskurver maa derfor kun opfattes som en orientering; vi har ment ved denne at gi et indblik i den rike variation i kurvetyper som Vestlandets jordbund frembyr og vekke interessen for et fortsat arbeide i denne retning.

4. Jordprøvenes titreringskurver.

1. *Skifer-trakter.*

A. Bulken ved Voss.

Prøve 34. Blandingsskog (furu, bjerk, asp). Øvre lag, 10 cm. brunsort, grynet, god muldjord.

$$G^1) = 8.8, A^1) = 49.7. \frac{G}{A} = 0.18$$

¹⁾ Jordprøvenes glødetap er i det følgende betegnet med G, deres askeindhold (gløderest) med A.

Prøve 35. Samme profil. Dypere lag, 20 cm. rød, grus- og sandblandet, humusfattigere jord.

$$G = 5.1, A = 59.9. \frac{G}{A} = 0.09$$

Av kurven for prøve 34 (fig. 11) fremgaar det av syregrenens form og forløp at jorden indeholder smaa mængder av støtputer, i form av svake syrer eller salter av svake baser med styrkeekspONENTER mellem $p_H = 6.5$ og 7.5 , og i et slikt forhold at ingen enkelt forbindelse formaar at sette noget særpræg paa kurven. Ved $p_H = 7.5$ faar kurven et nær horisontalt forløp, som tyder paa at der her er større mængder av en støtpute som trær i virksomhet. Av kurvens basegren fremgaar det at jordprøven indeholder adskillig av støtputer i p_H -omraadet $6.4-6.0$, men derimot forholdsvis litet mellem 6.0 og 4.5 . Omkring $p_H = 4.0$ trær igjen et rikt forraad av støtputer i virksomhet.

Det er foreløbig vanskelig at si hvilke stoffer det er som her virker som støtputer. Da jordprøven er forholdsvis rik paa organogene stoffer, idet forholdet $\frac{G}{A}$ (se s. 108) $= 0.18$, er det sandsynlig at de omkring og over neutralpunktet virksomme støtputer er av organisk sammensætning.

Kurven for prøve 35 (fig. 11) har i sin syregren omtrent samme forløp som kurven for 34. Basegrenen viser dog en tydelig forskjell, idet det steile fald fra 6.4 til 6.0 viser at prøve 35 i dette omraade i modsætning til 34 er meget støtputefattig. Det er mulig at denne forskjell skyldes det forhold at 35 er langt fattigere paa organogene stoffer, idet forholdet $\frac{G}{A}$ her kun er 0.09 .

Prøve 39. Furuskog med lyng. Øvre lag, 2—4 cm. utpræget raahumus, væsentlig lyngrotfilt med sopmycel.

$$G. = 37.8, A = 1.0. \frac{G}{A} = 37.8$$

Prøve 40. Samme profil. 1—3 cm. graabrun, tæt, noget seig jord.

$$G = 17.8, A = 6.5. \frac{G}{A} = 2.73$$

Prøve 41. Samme profil. 3—10 cm. graablaa, grovkornet mineraljord, dannet ved forvitring av underliggende faste fjeld („skifer“).

$$G = 2.9, A = 73.8. \frac{G}{A} = 0.04$$

Av kurven for prøve 39 (fig. 12) fremgaar det, at jorden trods sin utprægede raahumuskarakter dog har en saavidt høi aktuel p_H -værdi som 6.0 . Syregrenen viser at jorden binder den tilførte kalkbase meget sterkt, og selv efter tilsetning av $9.0 \text{ cm.}^3 \text{ } ^n_{10} \text{ Ca(OH)}_2$ er dens p_H omtrent uforandret $= 6.3$; jorden er altsaa

PH

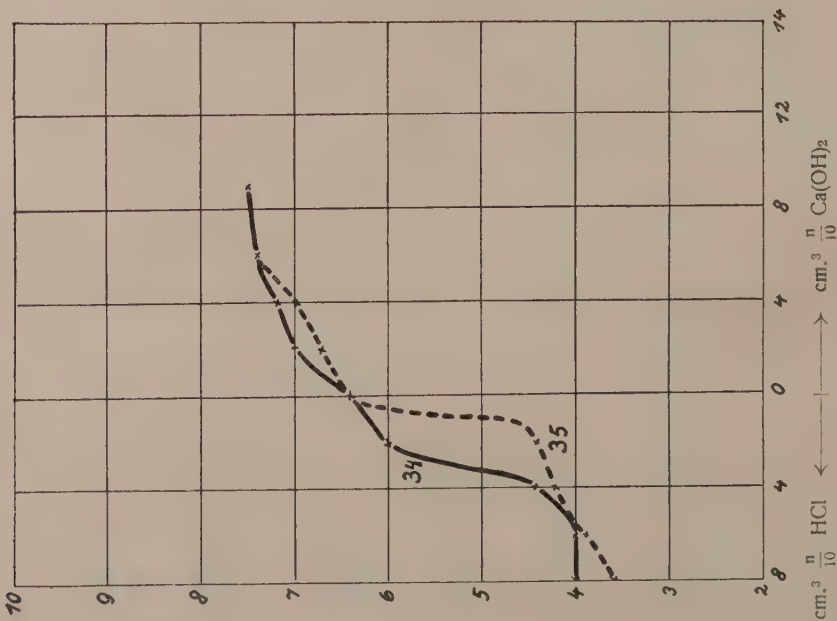


Fig. 11. Prøve 34. Brunsort, grynet muldjord, overlæg i blandings-skog. Skifer. Bulken.
(Braunschwarze Mullerde mit Krümelstruktur.
Obere Schicht in Mischwald. Schiefer, Bulken).
— 35. Grus- og sandblandet humusfattig jord. Dypere i samme profil.
(Humusarme, Kies und Sand enthaltende Erde.
Tiefere Schicht in demselben Profil).

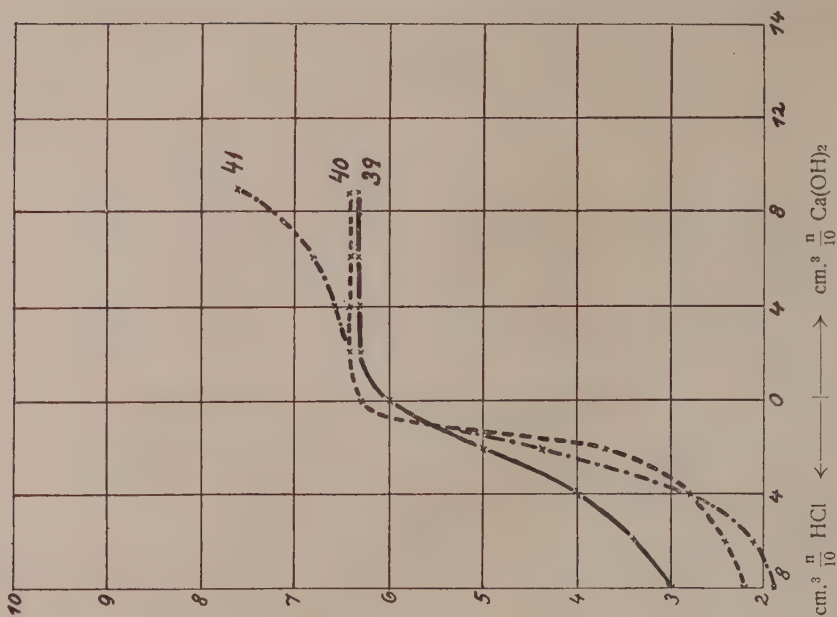


Fig. 12. Prøve 39. Raahumus (lyng), overlæg i furuskog. Skifer. Bulken.
(Rohhumus (*Calluna*); obere Schicht in Kieferwald.
Schiefer. Bulken).
— 40. Graabrun, tæt, noget seig jord. Mellemlæg i samme profil.
(Graubraune, dicht gelagerte, etwas zähe Erde.
Mittlere Schicht in demselben Profil).
— 41. Graublaa mineraljord dannet ved forvitring av underliggende fjeld. Underlæg i samme profil.
(Graublaue Mineralerde durch Verwitterung des unterliegenden Felsen gebildet. Untere Schicht in demselben Profil).

i høi grad „sur“ eller „adsorbktiv umættet“. Dette horisontale forløp av syregrenen kan skyldes to ting: Enten en av humussyrer bevirket binding av kalkbasen (cfr. *Odén*), eller en kolloidal adsorbtiion av de tilførte OH-ioner (overensstemmende med *Baumann* og *Gully*). Det sandsynlige er vel at prøven indeholder rikelig av humussyrer, som med det tilførte kalkvand danner det tungt oppløselige Ca-humat. Fra det øieblik jordvandet er mættet med kalkhumat, vil dette og humussyren bestemme p_{H} -værdien, og denne vil saalænge der er fri humussyre, forbli uforandret. Basegrenen viser for denne prøve utpræget støtputevirksomhet ved $p_{\text{H}} = 6.0\text{--}3.0$. Antagelig er det her svake baser eller salter av svake syrer (organiske nedbrytningsprodukter) som er i virksomhet.

Det næste lag i profilet (40) er tat i noget seig jord, tydeligvis dannet av overlagets raahumus under indflydelse av elektrolyter tilført fra det underliggende mineraljordrike lag (41). Tiltrods for denne tilførsel viser titreringskurvens forløp at der ogsaa her forekommer store mængder av frie humussyrer (?), og kurven har ogsaa her praktisk talt ingen p_{H} -stigning selv for den største tilførte basemængde. Kurvens basegren viser at prøven er fattig paa støtputer i p_{H} -omraadet 6—3.

Prøve 41 er grusagtig forvittringsjord umiddelbart over det faste fjeld. Kurvens syregren viser et forholdsvis stort indhold av støtputer ved $p_{\text{H}} = 6.3\text{--}6.6$. Ved noget større basetilsætning ($5 \text{ cm}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca(OH)}_2$) er dette støtputeforraad øiensynlig opbrukt, og kurven stiger raskt. Sandsynligvis er denne prøves støtpute kvalitativt den samme som i prøve 40, men bare tilstede i ringere mængde. Kurvens basegren viser den samme mangel paa støtputer som i prøve 40; de gir begge et uttryk for jordens (og bergartens?) fattigdom paa mobiliserbare baser.

Prøve 36. Aapen furuskog med *Vaccinium Myrtillus* — *Cornus suecica*. Overlag 2—3 cm. raahumus av torvlignende uformuldede planterester.

$$G = 33.5, A = 2.8, \frac{G}{A} = 12.00.$$

Prøve 37. Samme profil, like under 36. 5—8 cm. lysgraa utvasket sand („blysand“). $G = 5.4, A = 74.3, \frac{G}{A} = 0.07$.

Prøve 38. Samme profil, under 37. 20 cm. brun — gulbrun sandjord, øverst med svak sammenkitning („al“).

$$G = 5.7, A = 70.0, \frac{G}{A} = 0.08.$$

Prøvene 36—37—38 representerer et typisk podsoleringsprofil og er derfor av særlig interesse.

Kurven for raahumuslaget, prøve 36 (fig. 13), viser i sin syregren en meget sterk binding av den tilførte base. Selv $9 \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca(OH)}_2$ bevirker kun en stigning fra den aktuelle $p_H = 6.0$ til $p_H = 6.3$. For denne umættede, sterkt basebindende raahumus gjælder det samme som ovenfor (s. 111) er sagt om prøve 39. Kurvens basegren viser at denne jordprøve er ganske rik paa støtputer i omraadet $p_H = 6.0 - 3.0$. Disse støtputer er enten svake baser eller salter av svake syrer; disse sidste representerer tydeligvis forbindelser som er et længere fremskredet nedbrytningsstadium av raahumusens humussyrer og andre organiske forbindelser.

Blysandlaget (37) har en titreringskurve som tydelig viser dets karakter av utvasket lag. Sol-humus fra 36 har oppløst og bortført mineralpartiklenes baser (aluminium- og jernhydroxyd) og latt tilbake et „sand“lag, som er helt frit for støtputer i omraadet $p_H = 6.0 - 3.0$. Ogsaa kurvens syregren viser et relativt litet indhold av støtputer mellem $p_H = 6.2$ og 7.5 .

I profilets næste lag (38) kan vi vente at gjenfinde de baser som humussolet har bortført fra 37. Og tiltrods for at den uttagne prøve omfatter 20 cm. 's dybde av dette lag og ikke bare de øverste lag („al“laget), viser kurvens basegren et rikt indhold av støtputer fra $p_H = 4.3$ og ned til 3.6 . Dette støtputeforraad er vistnok bevirket ved en utfældning av baser som Al(OH)_3 og Fe(OH)_3 . Kurvens syregren har praktisk talt samme forløp som i prøve 37 og viser den samme relative mangel paa basebindende stoffer (humussyrer).

Som ovenfor nævnt har vi søkt at finde et uttrykk for forholdet mellem en jordprøves organogene og minerogene stoffer og hertil benyttet forholdet mellem jordens glødetap og aske: $\frac{G}{A}$.

Ordner vi Bulkenprøvene efter dette forhold, fremkommer følgende række:

Prøve nr.	41	37	38	35	34	40	36	39
$\frac{G}{A}$	0.04	0.07	0.08	0.09	0.18	2.73	12.00	37.80

Der er efter denne række 3 prøver, nr. 40, 36 og 39, hvor $\frac{G}{A} > 1$, d. v. s. med et større indhold av organisk substans end av mineralsk. Netop disse 3 prøver udmerker sig ogsaa, som fig. 12 og 13 viser, ved den utpræget horisontalt forløpende syregren i titreringskurven. Prøvene 34, 35, 38, 37 og 41 indeholder overveiende mineralbestanddele. De har alle det tilfælles i sin titreringskurve at syregrenen ved basetilsætning tilslut bringes over neutralpunktet, og dette desto hurtigere jo mindre organisk substans (glødetap) de indeholder. Disse mineralprøver har fremdeles det

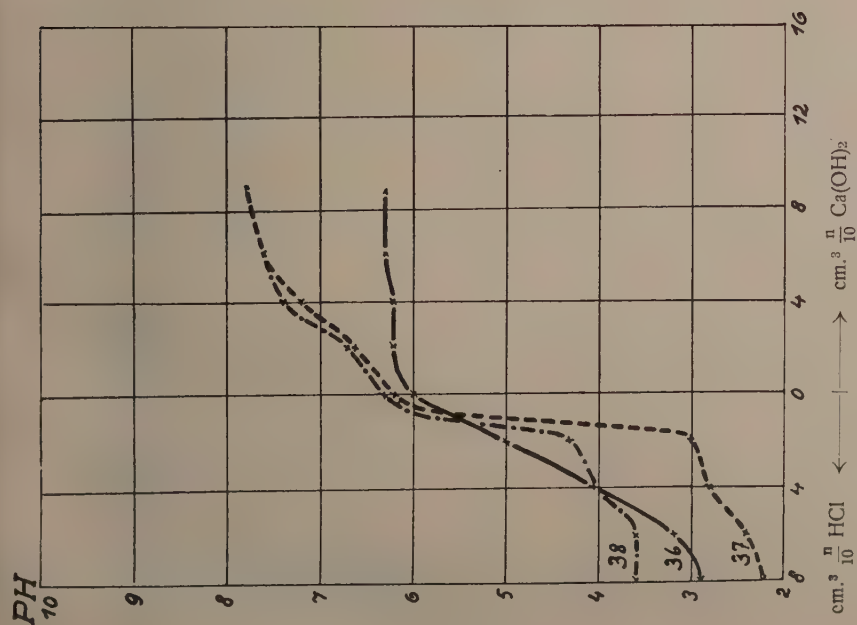


Fig. 13. Prøve 36. Raahumus (*Vaccinium Myrtillus*). Overlag i furuskog. Skifer. Bulken.

(Rothumus (*Vaccinium Myrtillus*)). Obere Schicht in Kieferwald. Schiefer. Bulken).
 — 37. Blysand i samme profil, under 36.
 — 38. Brun sandjord med spor av al-dannelse i samme profil, under 37.
 (Braune Sand-Erde mit Spuren von Ortstein, in demselben Profil, unterhalb 37).

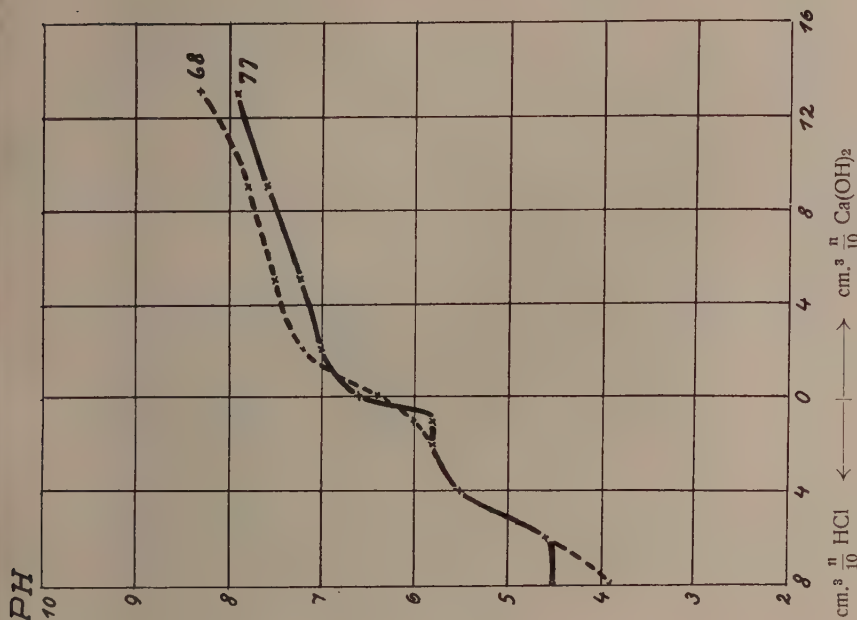


Fig. 14. Prøve 77. God, grynet muldjord. Overlag i løvskog. Skifer. Granvin.

(Gute Mullerde mit Krümelstruktur. Obere Schicht in Laubwald. Schiefer. Granvin.)
 — 68. Grynet muldjord med høit indhold av skiferpartikler. Overlag i løvskogskrat. Skifer. Granvin.
 (Viel Schiefer enthaltende Mullerde mit Krümelstruktur. Obere Schicht in Laubwald-Gebüsch. Schiefer. Granvin.)

fællespræg at de indeholder litet av støtputestoffer, som kan mobiliseres ved den anvendte syretilsætning, — utenom det som er opsamlet ved humussyrenes hjelp (se prøve 38).

B. Granvin i Hardanger.

Fra Granvin har vi titreringskurver for en række prøver. Ordnes prøvene efter forholdet $\frac{G}{A}$, faar vi følgende række:

Prøve nr.	67	71	73	69	66	68	77	75	70	74
$\frac{G}{A}$	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09	0.11	0.14	0.15
p_H ved maksimal base- tilsætning	9.2	9.0	7.6	8.5	8.2	8.3	7.9	7.0	7.8	7.6

Det fremgaar av denne række at samtlige disse prøver er rike paa mine-
ralske stoffer. Flere av prøvene er særlig sterkt mineralrik jord — skredjord — ,
og disse har ganske interessante kurver.

Prøve 77. Frodig løvskog (*Tilia*, *Fraxinus*, *Corylus*).

Overlag, 15 cm. god, grynet muldjord.

$G = 6.0$, $A = 68.45$, $\frac{G}{A} = 0.09$.

Denne jord er en ypperlig blanding av god, mild muld og rikelig fine mineralpartikler, de sidste tillørt som „skredjord“ fra ovenforliggende fjeldskrent. Prøvens aktuelle p_H er 6.6, og jorden er altsaa kun svakt sur. Titreringskurven (fig. 14) viser os at denne jord har en utpræget basisitet. Kurvens basegren har to karakteristiske horisontale partier, det ene ved $p_H = 4.5$, det andet ved $p_H = 5.8$. Det fremgaar herav tydelig at jorden indeholder relativt meget av støtputekomponenter i disse p_H omraader, enten som svake baser eller som salter av svake syrer med styrkeeksponenter omkring 4.5 og 5.8. Det sidste støtputetrin i kurven gjenfinder vi i flere andre Hardangerprøver med utpræget skredjordtype, saaledes prøve 68, 69 og 78. Det mangler fuldstændig i forvittringsjord av Bulkenskiiferen (se prøve 41), og titreringskurvene viser altsaa en meget vigtig forskjel mellem den basefattige forvittringsjord av Bulkenskiifer og den baserike jord av Hardangerskiifer. Denne sidste indeholder baser, (antagelig Ca- og Mg-karbonater), som er let „mobiliserbare“ ved syreøkning, og de har sikkert hovedandelen i den hurtige humusnedbrytning, gode mulddannelse og frodige vegetation som disse skifertrakter i Hardanger (Granvin — Norheimsund) kan opvise.

Syregrenen for prøve 77 har en ikke hurtig, men jevn stigning, og naar ved største kalktilsætning op i $p_H = 7.9$. Dens forløp tyder paa tilstedeværelsen av

flere svake syrer eller salter av svake baser med styrkeeksponenter fra 6.5 og opover, og kurven blir nærmest et uttrykk for en god, jevn nedbrytning av humusstoffene.

Prøve 68. Skredjord over liten „skiferur“. *Tilia*, *Stellaria nemorum*, *Circaea alpina*-vegetation.

Overlag, grynet, god jord, sterkt opfylldt av skiferstykker.

$$G = 5.35, A = 62.0. \frac{G}{A} = 0.09$$

Titreringskurven for denne prøve (fig. 14) er i det store og hele overensstemmende med kurven for foregaaende prøve. Den viser det samme trin som 77 ved $p_H = 5.8$, men mangler støtputeforraadet ved $p_H = 4.5$. Ved maksimal basetilsætning naar dens p_H helt op til 8.3.

Prøve 69. Græsmark. Overlag, 16—20 cm. graasort muldjord, „fet“ av større og mindre skiferstykker.

$$G = 4.70, A = 66.50. \frac{G}{A} = 0.07$$

Prøve 69 er tat i flat græsmark nedenfor den liskraaning hvorfra prøve 68, 66 og 67 stammer. Den indeholder store mængder av smaa skiferstykker, og titreringskurvens basegren (fig. 15) viser det samme karakteristiske „knæk“ eller „trin“ ved $p_H = 5.8$. Kurvens syregren viser den samme gunstige stigning som i de to foregaaende prøver.

Prøve 66. Løvskog i skiferskraaning. *Corylus*, *Fraxinus*, *Circaea alpina*-vegetation.

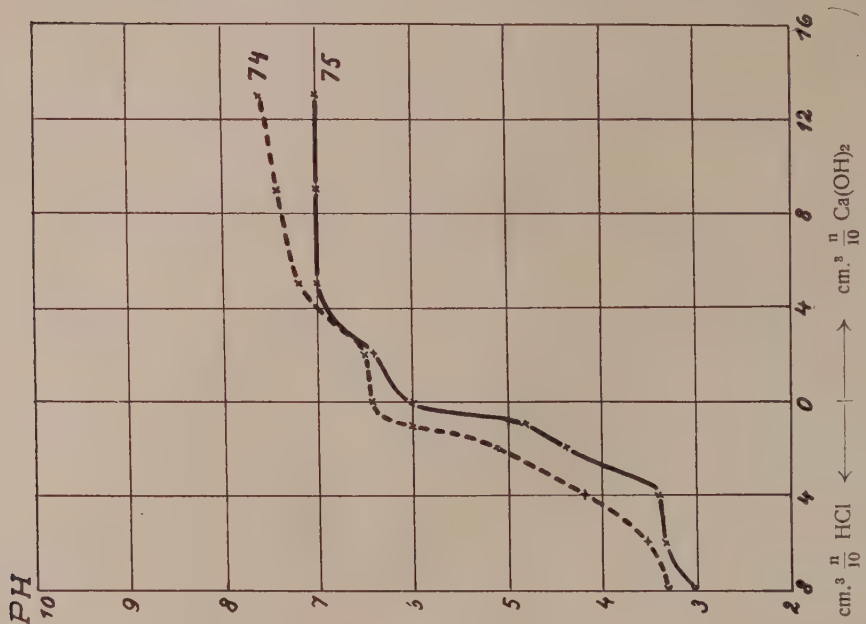
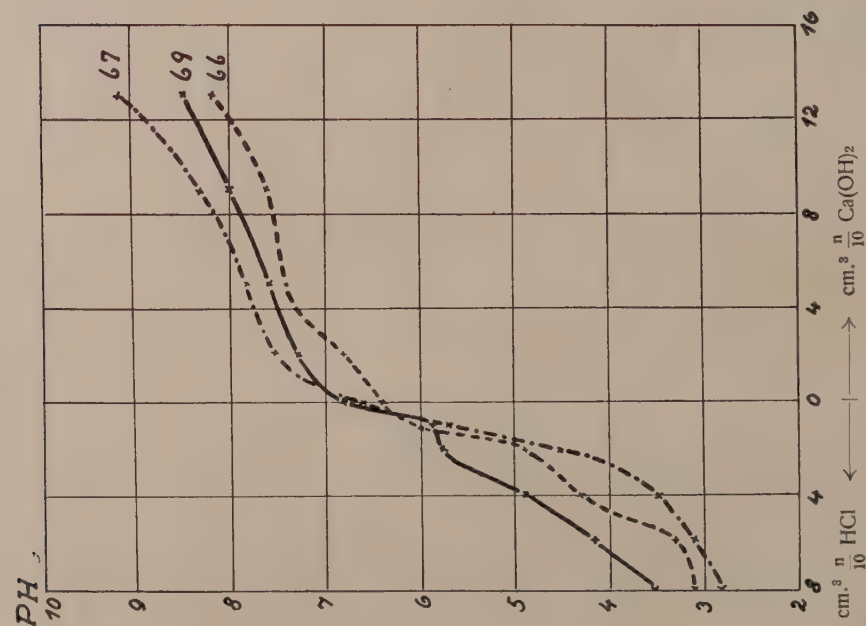
Overlag, 10 cm. sort, god muldjord, endnu sterkt opfylldt av mindre skiferrester.

$$G = 5.40, A = 66.35. \frac{G}{A} = 0.08$$

Prøve 67. Samme profil. Lag under 66. 15—20 cm. tæt, graa muldjord, rik paa fine skiferpartikler.

$$G = 3.00, A = 75.65. \frac{G}{A} = 0.04$$

Saavel prøve 66 som 67 indeholder meget skifer; denne er imidlertid her tilstede i langt finere fordelt tilstand end i prøvene 69 og 68. Jordprøvenes skifer-



partikler er derfor mere forvitret og utvasket, og den herav betingede relative basefattigdom fremgaar tydelig av titreringskurvene (fig. 15). Ingen av prøvene viser spor av støtputeforraadet ved $p_H = 5.8$, og kun prøve 66 har svake spor av en støtpute ved $p_H = 4.4$.

Titreringskurven for en tænkt „moderjord“-type av uforvitret Granvin-skifer kan vi da tænke os sammensat av prøve 77's basegren med dens typiske støtpute-omraade ved $p_H = 5.8$ og av prøve 67's syregren, hvor det lave indhold av organisk stof (glødetap 3.0, $\frac{G}{A} = 0.04$) har git kurven den mindste forflatning (p_H ved maksimal kalktilsætning $= 9.2$). Jo ældre jordarten blir, jo finere og mere forvitret skiferpartiklene er, desto mere vaskes de let mobiliserbare baser ut, og basegrenens „knæk“ forsvinder (se utviklingen: 77 \Rightarrow 68 \Rightarrow 69 \Rightarrow 66 \Rightarrow 67). Og jo mere organisk substans jorden indeholder, desto lavere blir den endelige p_H ved maksimal kalktilsætning:

Prøve nr.	67	69	66	68	77
$\frac{G}{A}$	0.04	0.07	0.08	0.09	0.09
p_H ved maksimal base-tilsætning	9.2	8.5	8.2	8.3	7.9

Prøve 74. Løvskogli (*Corylus*, *Fraxinus*, *Tilia*); 10 cm. sort, grynet, skiferholdig jord.

$$G = 8.10, A = 52.90. \frac{G}{A} = 0.15$$

Prøve 75. Samme profil. Prøve tat under 74; 10 cm. jord av samme utseende som 74.

$$G = 6.40, A = 60.47. \frac{G}{A} = 0.11$$

Begge prøvers titreringskurver (fig. 16) viser støtputeforekomst i p_H -omraadet 6.2—6.4. Støtputeforraadet er dog ikke meget stort. Ved videre basetilsætning viser begge kurver binding av basen; den er svakest for 74 og meget sterk for 75, hvor syregrenen viser et horisontalt forløp for en økning i kalktilsætningen fra 5 til 13 cm.³ $\frac{n}{10}$ Ca (OH)₂. Kurvenes basegrener viser ingen større støtputeforraad før i omraadet $p_H = 3.2$ —3.4,

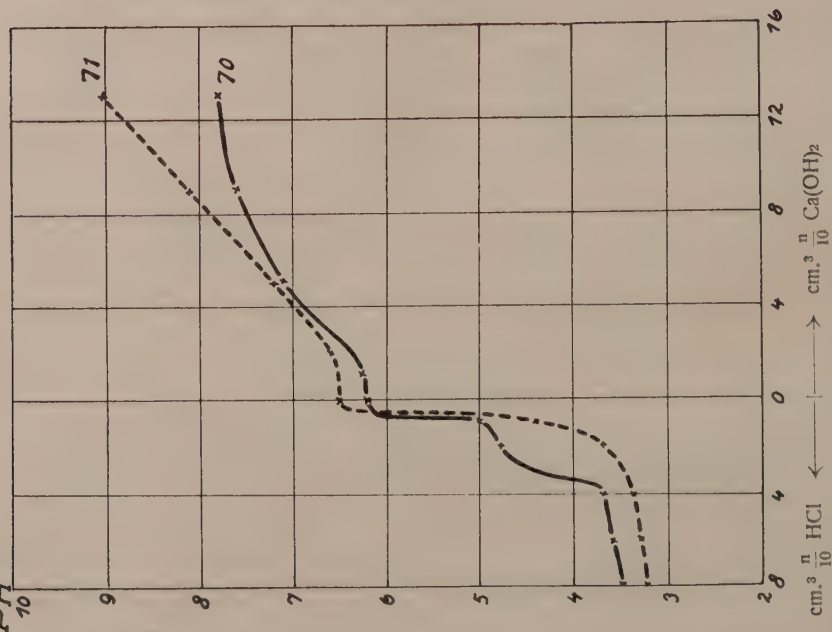
pH_{10}


Fig. 17. Prøve 70. Sort, grynet, mineralrik muldjord. Øvre lag i blandingskog (*Alnus-Pinus*), Skifer, Granvin. (Schwarze, mineralreiche Mullerde mit Krimelstruktur. Obere Schicht in Mischwald — *Alnus-Pinus*. Schiefer, Granvin).

— 71. Graa, tæt, skiferrik jord. Dybere lag i samme profil.

(Graue, dicht gelagerte schieferreiche Erde. Tiefere Schicht in demselben Profil).

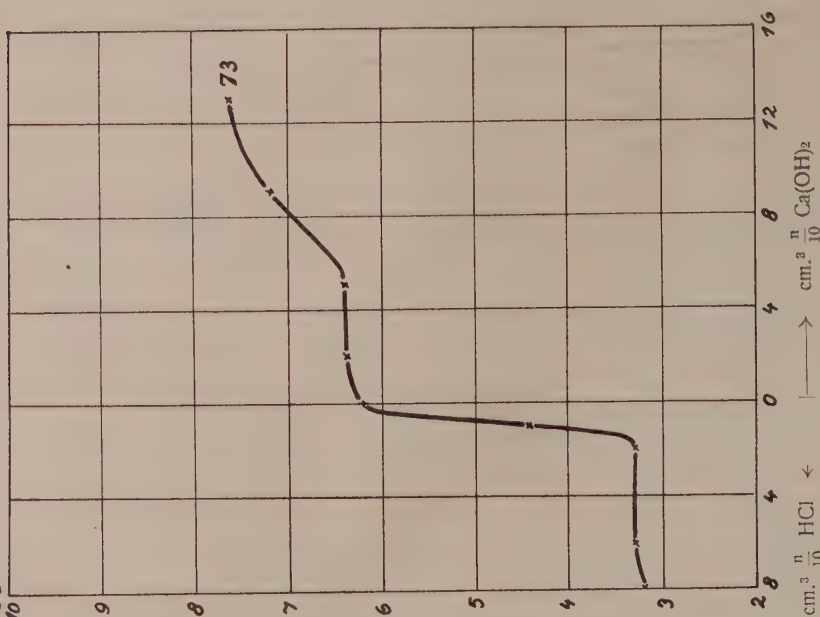
 pH_{10}


Fig. 18. Prøve 73. Blygraa, tæt næsten leragtig jord. Forvittringsprodukt av underliggende skifer. Underlag under tæt raahumus i furuskog, Skifer, Granvin. (Bleigraue, dicht gelagerte, ton-ähnliche Erde durch Verwitterung des unterlagernden Schiefers gebildet. Von dichtem Rohhumus überlagert. Kieferwald. Schiefer, Granvin.)

Prøve 70. Daarlig blandingsskog (*Pinus-Alnus*) paa grundlændt mark over skiferfjeld.

Overlag, 10 cm. grynet, sort, mineralrik god muldjord.

$$G = 7.50, A = 52.75, \frac{G}{A} = 0.14$$

Prøve 71. Samme profil, under 70. 20 cm. graa, tættere skiferjord.

$$G = 3.50, A = 74.05, \frac{G}{A} = 0.05$$

Kurven for 70. (fig. 17) viser i sin basegren et tydelig støtputeomraade ved $p_H = 4.8-4.9$; kurven for 71 mangler helt dette, men begge har et stort støtputeindhold ved $p_H = 3.2-3.5$. I syregrenen gjenfinder man i begge kurver det for prøvene 74 og 75 fundne støtputeforraad ved 6.2–6.3 og ved 6.4–6.5. Forøvrig adskiller de to prøver sig meget i kurvens videre forløp. Kurven for 70 viser overensstemmende med sit større indhold av organisk stof en svakere stigning end kurven for 71; denne sidste prøve har med sit overveiende mineralindhold en fra $p_H = 6.5$ til $p_H = 9.0$ retlinjet stigende kurve.

En videre utvikling av kurven for 70 finder man i kurven for prøve 73.

Prøve 73. Furuskog paa vaat og grundlændt mark over skiferfjeld.

10–15 cm. blygraa, tæt, næsten leragtig jord, forvittringsprodukt av underliggende skifer. (Over dette lag ligger 8 cm. torv og raahumus).

$$G = 4.15, A = 62.20, \frac{G}{A} = 0.07$$

Kurvens basegren (fig. 18) har for denne prøve et meget eiendommelig forløp. Den viser for 2 cm.³ syretilsætning et steilt fald fra $p_H = 6.2$ til $p_H = 3.3$ og ved videre syretilsætning et praktisk talt horisontalt forløp, selv efter 8 cm.³ syretilsætning; prøven har altsaa et meget stort forraad av mobiliserbare støtputer ved $p_H = 3.2-3.3$.

Syregrenen i denne kurve viser et stort forraad av støtputer ved $p_H = 6.2-6.4$, og efter at dette er opbrukt, faar kurven den almindelige jevne stigning. Denne støtpute ved $p_H = 6.3$ skyldes sikkert organiske forbindelser (humussyrer) nedvasket fra overlagets raahumus.

Ved hjelp av titreringskurvene har vi altsaa i den skiferholdige Granvinsjord kunnet paavise tilstedeværelsen av en række forskjellige støtputer. La os først ta en oversigt over basegrenens støtputer. I de jordprøver som maa betegnes som fersk skredjord, altsaa jord som indeholder meget av relativt uforvitrede skiferbestanddele, der i forholdsvis nær fortid av frost og vand er nedsprængt fra overliggende fjeld, finder vi et meget karakteristisk støtputeomraade ved $p_H =$

5.8 (prøve 77, 68, 69). I litt ældre skiferjord er denne støtpute forsvundet. Det ligger nær at anta at den bestaar av basiske forbindelser, som utvaskes paa forvitringens tidligste trin. I de ældre skiferjordarter finder vi til gjengjæld et rikt støtputeforraad ved $p_H = 3.2-3.5$. Disse støtputer er tydeligvis mindre let mobiliserbare og er utvilsomt av helt mineralsk natur. De er selvfølgelig tilstede ogsaa i de ovennævnte skredjordarter, men kommer der ikke frem i titreringskurvene, idet den tilsatte syre forbrukes av de ved høiere p_H -værdier virkende støtputer. Endelig viser en enkelt prøve (nr. 70) et litet støtputeforraad ved $p_H = 4.8-4.9$, og en anden prøve (77) en støtpute ved $p_H = 4.5$.

Titreringskurvenes syregren viser for de rene skredjordarter med sin overveiende mineralrigdom ingen utprægede „støtputetrin“, men en langsom jevn stigning, som tyder paa et mere eller mindre rikt indhold av flere forskjellige støtputer. I de litt ældre jordarter derimot (prøve nr. 70, 71, 74 og 73) finder vi et utpræget støtputeomraade ved $p_H = 6.2-6.5$. Da dette omraade mangler i de mere mineralske skredjordarter, men forekommer overalt hvor jorden har muldkarakter eller er tilført organiske forbindelser fra overliggende lag (73), maa vi anta at støtputene her er organiske forbindelser (humussyrer?). Det samme gjælder prøve 75 med sit karakteristiske støtputeforraad ved neutralpunktet, $p_H = 7.0$.

I den foranstaaende række (s. 114), hvor prøvene er ordnet efter stigende værdi av forholdet $\frac{G}{A}$, er ogsaa indført den p_H -værdi som fremkommer ved maksimal tilsætning av base (13 cm. $\frac{n}{10}$ $Ca(OH)_2$). Det fremgaar av rækken at jo større dette forhold er, d. v. s. jo mere organisk substans prøven indeholder, desto lavere blir den endelige p_H -værdi, d. e. jo mere base forbrukes der til mætning av prøven. Den avvigelse fra rækkefølgen som prøve 73 viser, skyldes utvilsomt at der i denne mineralrike jord er nedvasket store humussolmængder fra den umiddelbart ovenfor liggende raahumus. Prøve 75 avviger ogsaa noget ved sin meget sterke binding av basen. Det er mulig at der her foruten syrebinding findes en kolloidal-adsorbti on av OH-ioner.

C. Norheimsund i Hardanger.

De i Norheimsunds skifertrakter indsamlede prøver viser stort set samme titreringskurvetyper som prøvene fra Granvin. Vi skal derfor her bare behandle 4 prøver fra 3 lokaliteter i lien op mot Norheimgaarden — prøver som viser de typiske forandringer den rene, uforvitrede skiferjords kurve (78) undergaar, efter som jorden utvikler sig til en god og relativt humusrik muldjord.

Prøve 78. Fersk skredjord øverst i en ur under skiferfjeld. Vegetation: *Alnus*, *Fraxinus*, *Corylus*, *Asperula*.

Overlag, 20 cm. løs jord, bestaaende praktisk talt udelukkende av skiferstykker. Øvre 10 cm. undersøkt.

$$G = 3.65, A = 71.75. \frac{G}{A} = 0.05.$$

Prøve nr. 78 er næsten ren, „fersk“ skiferjord, tat øverst i en ur hvor der stadig tilføres nyt materiale ved skred fra overliggende skiferfjeld.

Denne prøve er av alle vore prøver den eneste som gir tydelig omend svak brusning med saltsyre (karbonatreaktion). Den er ogsaa en av de kun 3 jordprøver som har vist en saa høi aktuell p_H som 6.8 — altsaa nær neutral reaktion.

Titreringskurven for prøve 78 viser (fig. 19) at der bare kræves en meget liten basetilsætning for at bringe kurven over neutralpunktet. Kurven stiger ved fortsat basetilsætning meget hurtig og naar tilslut $p_H = \text{ca. } 12$, som er den største værdi vi har opnaadd hos nogen prøve med denne basemængde.

Kurvens basegren viser at jorden har en utpræget evne til at neutralisere tilsat syre, og selv for den største anvendte syretilsætning synker p_H ikke under 4.8. Kurven viser endvidere at skredjorden har et forholdsvis stort indhold av en ved $p_H = 5.7$ virksom støtpute; kurvens støtputetrin ligger her praktisk talt ved samme p_H som de tilsvarende trin i kurvene for skredjorden i Granvin (se nr. 69 fig. 15 og nr. 77 fig. 14), og det er sikkert de samme forbindelser som gjør sig gjældende paa begge steder. Saavel Norheimsund- som Granvinskiferen har derfor i sin uforvitrede tilstand rikelig av let mobiliserbare forbindelser (baser) der er egnet til at holde jordens surhetsgrad indenfor et for planteveksten gunstig omraade — et forhold som faar sin bekræftelse ved disse trakters frodige vegetation.

Prøve 79. Ældre skredjord 20 m. nedenfor prøve 78. Vegetation og jordprofil det samme, dog mangler *Asperula*, isteden findes *Geum rivale*.

$$G = 6.05 \quad A = 60.9. \quad \frac{G}{A} = 0.10.$$

Prøve 79 representerer en ældre skredjord og har sikkert i betraktelig længere tid været utsat for forvitring og utvaskning. Dens titreringskurve (fig. 19) viser hvor relativt hurtig denne skifers støtputeforraad utvaskes. Efter tilsætning av 8 cm.³ $\frac{N}{10}$ HCl er surhetsgraden naadd ned til $p_H = 2.6$ (mot 4.8 for den ferske jord i 78). Det typiske støtputeforraad ved $p_H = 5.7$ gjør sig meget litet gjældende og formaar ikke at gi kurven noget spesielt „knæk“, men prøven indeholder dog endnu relativt store støtputemængder jevnt fordelt mellem $p_H = 6$ og $p_H = 4$.

Kurvens syregren har, overensstemmende med prøvens større indhold av organisk substans, et ganske andet forløp end i kurven for 78. I omraadet

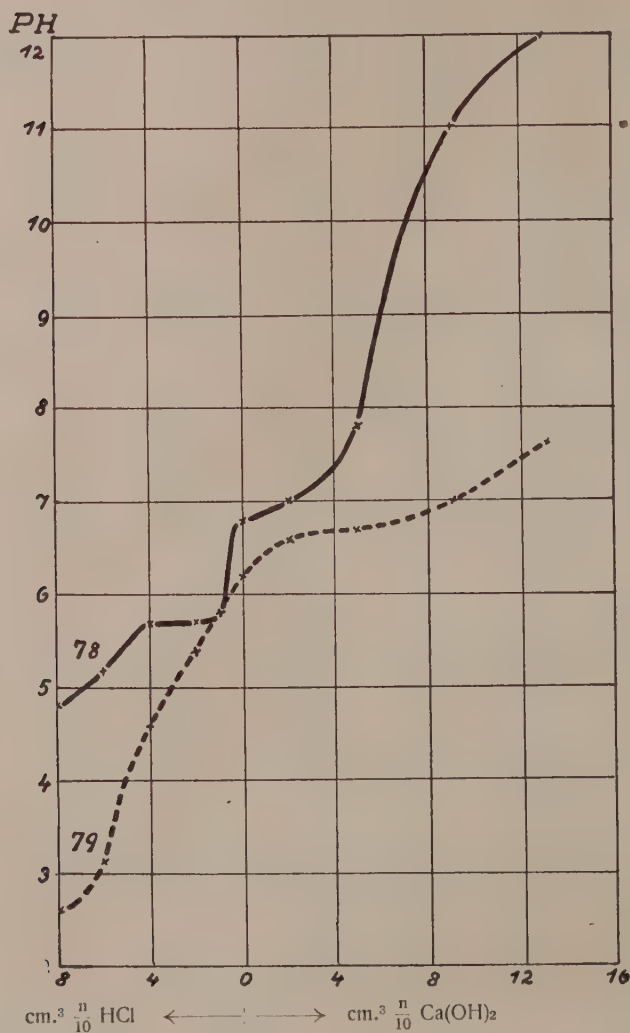


Fig. 19. Prøve 78. Skiferjord („fersk“ skredjord). Øvre lag i løvskogkrat. Skifer. Norheimsund. (Schiefererde, — „frische“ Sturzerde. Obere Schicht in Laubwaldgebüsch. Schiefer. Norheimsund).

-- 79. Skiferjord („ældre“ skredjord) i løvskogkrat, 20 m. fra 78. (Schiefererde, — „ältere“ Sturzerde in Laubwaldgebüsch, 20 m. von Probe 78 entfernt).

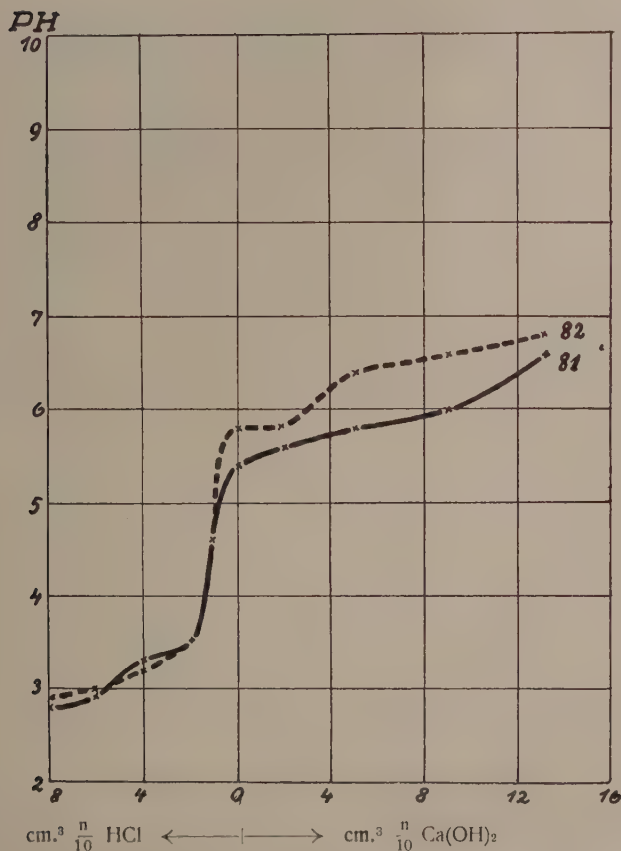


Fig. 20. Prøve 81. Litt torvagtig, sort muldjord. Øvre lag i græsmark i løvskogkrat. Skifer. Norheimsund.
 (Schwarze, Torf enthaltende Mullerde. Obere Schicht in Laubwald-Gebüsch. Schiefer. Norheimsund).

— 82. Lys, småagrynet muldjord. Dypere lag i samme profil.
 (Helle Mullerde mit Krümelstruktur. Tiefere Schicht in demselben Profil).

$p_H = 6.6-6.8$ er der en betragtelig basebinding, og den maksimale basetilsætning formaar ikke at bringe p_H høiere end til 7.6.

Prøve 81. Græsmark mellem løvskogkrat (*Corylus*).

Overlag, 4 cm. sort, næsten noget torvagtig muldjord.

$G = 13.45$ $A = 38.05$. $\frac{G}{A} = 0.35$

Prøve 82. Samme profil, under 81, 12 cm. lysere smaagrynet muldjord.

$G = 9.25$ $A = 46.35$. $\frac{G}{A} = 0.20$

Prøvene 81 og 82 (fig. 20) repræsenterer en udviklingsretning av skiferjorden — til ren muldjord under tæt vegetationsdække. Den aktuelle surhetsgrad er her steget og viser $p_H = 5.4$ og 5.8 . Kurvenes basegren har selv for den mindste syretilsætning et sterkt fald ned gennem et støtputefattig omraade — helt ned til $p_H = 3.5$. Her træder imidlertid for begge prøver rike støtputeforraad i virksomhet og gir en ganske langsomt synkende kurve. De her virksomme støtputer er temmelig sikkert de samme som vi fandt i tilsvarende p_H -omraader ved saa mange prøver fra Granvin (70, 71, 74, 75, 73). De repræsenterer antagelig et bestemt trin i skiferens forvitring og bestemte herunder mobiliserbare forbindelser.

Kurvenes syregrener har et meget karakteristisk forløp. De viser en sterk basebindende evne, og i den ene (82) finder vi et utpræget støtputeforraad ved $p_H = 5.8$. Kurven for prøve 81, som indeholder mest organisk stof, viser den sterkeste basebinding, og alt tyder paa at denne prøve indeholder humusforbindelser eller andre organiske forbindelser av umættet natur og med støtputevirksomhet mellem $p_H = 5.5$ og 6.0 . Dette ophopningsomraade for organiske forbindelser ligger i et lavere p_H -omraade end vi tidligere har iagttaa. Det skyldes enten samtidig tilstedeværelse av stoffer av mineralsk oprindelse, eller det kan ogsaa bero paa at dette plantesamfund (græsmark i løvskogkrat) gir oprindelse til andre organiske forbindelser end vegetationen i furuskog (med lyng). I ethvert tilfælde viser prøvene fra Norheimsund likesom Granvinprøvene den sterke basebinding som fremkommer ved ophopning av organisk substans, og den utprægede forandring som de mineralrike jordarters titreringskurver undergaar med stigende alder og stigende værdi av forholdet $\frac{G}{A}$.

Nedenstaaende række gir en oversigt over disse faktorer for prøvene fra Norheimsund.

Prøve nr.	78	79	82	81
$\frac{G}{A}$	0.05	0.10	0.20	0.35
p_H ved maksimal basetilsætning.....	12.0	7.6	6.8	6.6

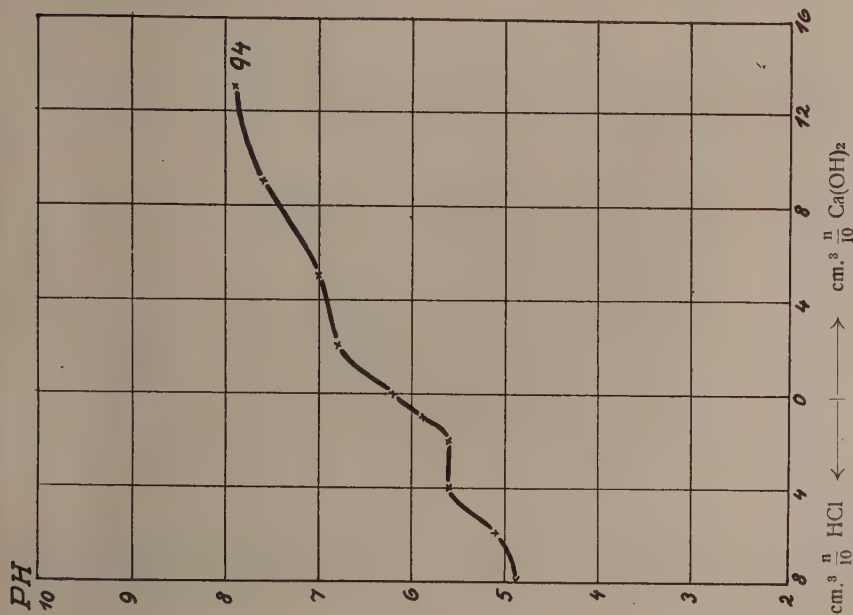


Fig. 22. Prøve 94. Graasort, storgrynet muldjord. Øvre lag i løvskogkrat over skiferknauser. Tørtørberg ved Kristiania.
(Grauswarze Mullerde mit grober Krümelstruktur. Obere Schicht in Laubwaldgebüsch über Schieferfelsen. Tørtørberg bei Kristiania).

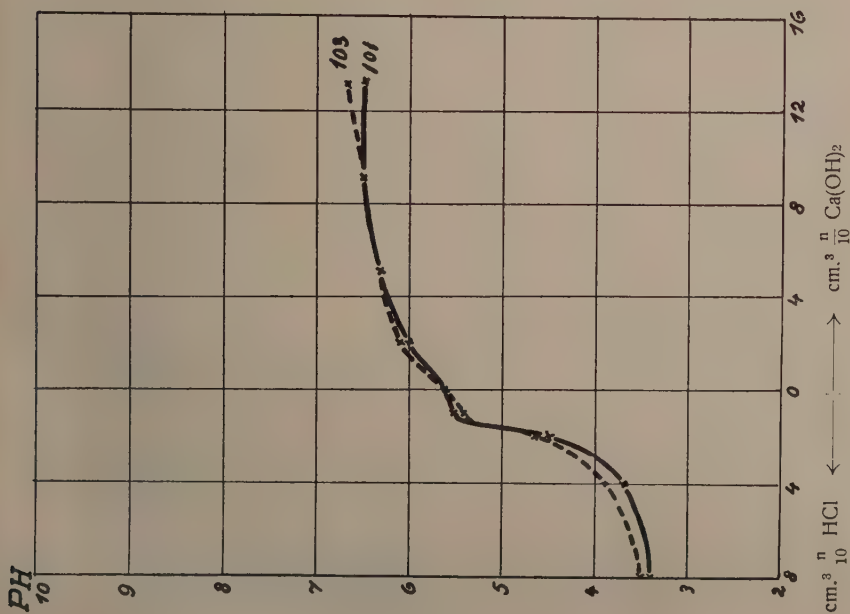


Fig. 21. Prøve 101. Graasort, grynet muldjord. Øvre lag i løvskog. Skifer, Lysekloster, Os.
(Grauswarze Mullerde mit Krümelstruktur. Obere Schicht in Laubwald. Schiefer, Lysekloster, Os).
Tæt, sort muldjord. Øvre lag i furuskog med hovedsagelig græsklædt mark. Skifer, Lysekloster, Os.
(Schwarze, dicht gelagerte Mullerde. Obere Schicht in Kieferwald mit Vegetation von Gräsern. Schiefer, Lysekloster i Os.)

— 103.

D. Lysekloster i Os.

Fra denne skifertrakt har vi kun titreringskurver for to prøver.

Prøve 101. Rik løvskoglund (*Fraxinus*, *Populus tremula*, *Acer* og *Corylus*)
Overlag, 10 cm. graasort, grynet muldjord.
 $G = 8.6$, $A = 50.1$. $\frac{G}{A} = 0.17$

Prøve 103. Aapen furuskog, dyp græsbevokset jord.
Overlag, 5 cm. tæt sort muldjord.
 $G = 8.6$, $A = 41.3$. $\frac{G}{A} = 0.21$

Disse to prøver som er tat i flere hundrede meters afstand og i jord med saa forskjellig plantesamfund, viser praktisk talt helt ensartede titreringskurver (fig. 21). De har samme aktuelle surhetsgrad, og kurvenes basegren viser begge et litet støtputeforraad omkring $p_H = 5.6$ og et større forraad ved $p_H = 3.5$. Av syregrenene ser vi at begge prøver har en sterk basebinding ved $p_H = 5.6 - 6.6$. Det er ganske paafaldende at gode muldjordtyper i en skifertrakt skal være saa umættede, og en tilfredsstillende forklaring paa denne sterke basebinding kan vi for tiden ikke gi; men den maa paa en eller anden maate skyldes prøvenes rike indhold av organiske stoffer.

E. Kristianiadalen.

Av vore prøver fra Kristiania omegn skal vi bare medta titreringskurven for én prøve, en typisk skiferprøve.

Prøve 94. Skiferknauser med hasselskog (*Corylus*).
Overlag, 6 cm. graasort, storgrynet muldjord.
 $G = 12.5$, $A = 50.75$. $\frac{G}{A} = 0.25$

Prøven er tat av god muldjord over skiferknauser i hasselkrat, Tørterberg ved Frogner. Titreringskurven (fig. 22) viser i sin basegren en overordentlig sterk syrebinding, og selv efter tilsætning av $8 \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ HCl}$ er p_H ikke sunket længere end til 4.9. Basegrenen viser desuten et utpræget „knæk“ ved $p_H = 5.6$; dette har en litt lavere beliggenhet end støtputeomraadet i kurven for prøve 78, hvor det laa ved 5.7; men der er bortset herfra den største likhet mellem basegrenene hos disse to utprægede skiferjordtyper. Prøve 94 indeholder meget mere organisk stof end prøve 78 ($\frac{G}{A} = 0.25$ mot $\frac{G}{A} = 0.05$), og det er sikkert av denne grund at syregrenen faar et noget flatere forløp end hos 78 og ikke naar høiere op end til $p_H = 7.9$ (mot ca. 12 for 78). Det er ganske interessant at gjenfinde det samme

PH

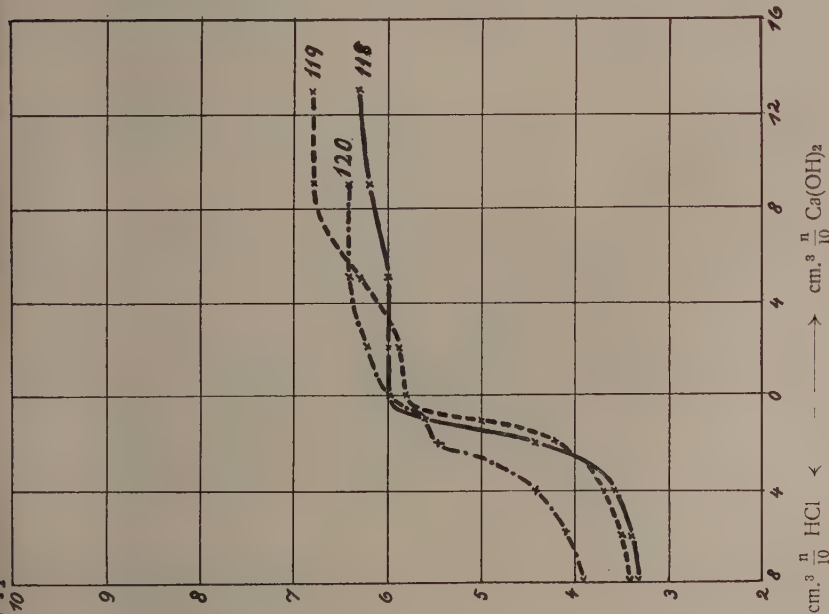


Fig. 24. Prøve 118. Tæt, sort, torvignende jord. Øvre lag over fjeldknauser, Lyngmark. Saussuritgabbro. Søfteland. (Schwarze, dicht gelagerte torfähnliche Erde. Obere Schicht über Felsenkuppen. Heide. Saussuritgabbro. Søfteland).
 — 119. God, grynet muldjord. Øvre lag i enerbevoksning ca. 5 m. fra prøve 118. Søfteland. (Gute Mullerde mit Krümelstruktur. Obere Schicht in *Juniperus*-Gebüsch, 5 m. von Probe 118 entfernt. Søfteland).
 — 120. Sort, grynet muldjord. Øvre lag i bjerk- og oreskog, Ca. 15 m. fra prøve 119. Søfteland. (Schwarze Mullerde mit Krümelstruktur. Obere Schicht in Wäldchen von *Betula*—*Alnus*. 15 m. von Probe 119 entfernt. Søfteland.)

PH

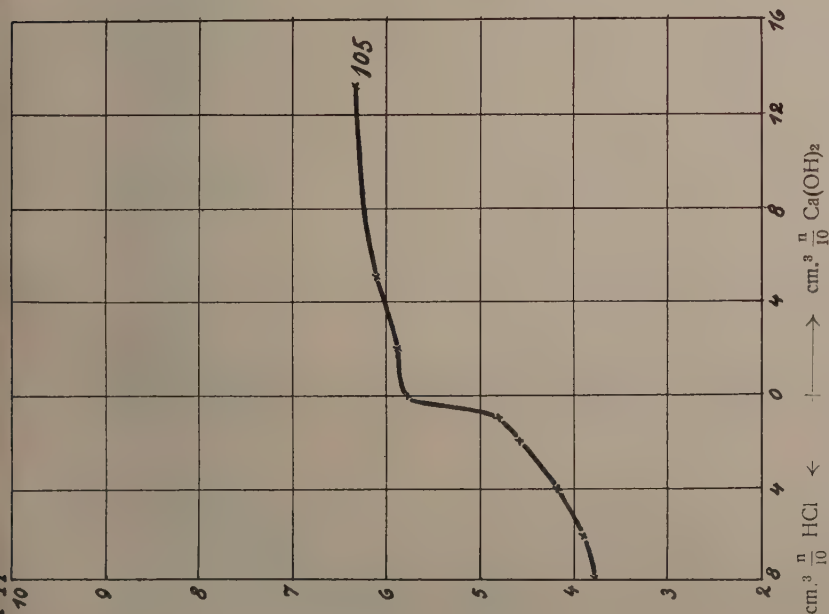


Fig. 23. Prøve 105. Brunsort, god skogmuld. Øvre lag i furuskog. Saussuritgabbro. Søfteland. (Braunschwarzer, guter Waldmul. Obere Schicht in Kieferwald, Saussuritgabbro. Søfteland).

støtputetrin i saa vidt adskilte prøver som 94 fra Kristianiatrakten og 78, 77 og 69 fra Hardanger.

II. *Saussuritgabbro-trakter.*

Fra Bergenshalvøens saussuritgabbro-omraade har vi nogen prøver tat ved Søfteland og nogen ved Trengereid.

Ved Søfteland er tat:

Prøve 105. Aapen furuskog.

Overlag, 10 cm. brunsort, god skogsmuld.

$G = 9.50$, $A = 53.35$, $\frac{G}{A} = 0.18$.

Tiltrods for prøvens utprægede muldkarakter er dens aktuelle $p_H = 5.8$, og jorden er altsaa typisk sur. Titreringskurvens basegren (fig. 23) viser adskillig syrebinding fra $p_H = 4.8$ til 3.8. Av størst interesse er kurvens syregren. Den gir billedet av en meget sterk basebinding, og en tilsætning av $13 \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca(OH)}_2$ formaar ikke at hæve p_H mere end fra 5.8 til 6.3. Det er paafaldende og foreløbig ikke let at forklare hvorfor en saa utpræget muldjordtype skal ha en saa sterk basebinding, især da forholdet $\frac{G}{A} = 0.18$ ikke ligger særlig høit. Prøven er forsaavidt et udmerket (og ikke det eneste) eksempel paa at man absolut ikke kan bedømme en jordarts mætningsgrad eller „surhetsgrad“ efter dens utseende og kvalitet som muld eller raahumius.

Prøve 118. Lyngmark over fjeldknaus.

Overlag, 11 cm. tæt, sort, torvliggende jord.

$G = 16.00$, $A = 12.35$, $\frac{G}{A} = 1.30$.

Prøve 119. Ca. 5 m.'s avstand fra foregaaende, under tæt enerbevoksning.

Overlag, 15 cm. god, grynet muldjord.

$G = 14.27$, $A = 39.98$, $\frac{G}{A} = 0.36$.

Prøve 120. Bjerk- og orebevoksning, ca. 15 m. fra foregaaende prøve (119).

Overlag, 22 cm. sort, grynet muldjord.

$G = 19.13$, $A = 13.73$, $\frac{G}{A} = 1.39$.

Ovenstaaende 3 prøver som er tat ganske i nærheten av hinanden, men under forskjellige vegetationsdækker, viser forholdsvis store uoverensstemmelser i sine titreringskurver (fig. 24). Det er paafaldende at den gode, typiske muldjord i prøve 120 viser en saa sterk basebindende evne, næsten like sterk

som den torvliggende lyngjord. Den har som lyngjorden (118) stort indhold av organogene stoffer, idet $\frac{G}{A}$ er henholdsvis ca. 1.4 og 1.3. Kurvens basegren er forsaavidt av interesse som prøve 120 fra den gode løvskogbevoksning viser betydelig større støtputeforraad ved $p_H = 5.6$ og $p_H = 4.0$ end de to andre prøver.

Prøvene 86—87 er tat over Saussuritgabbro i nærheten av Trengereid.

Prøve 86. Bjerkeholt paa grundlænt jord over fjeld.

Overlag, 4 cm. sort, torvliggende jord.

Underlag, 8 cm. graa muldjord, undersøkt sammen.

$G = 9.5$, $A = 43.55$. $\frac{G}{A} = 0.22$.

Prøve 87. Lyngmark over fjeldknauser 50 m. fra foregaaende prøve (86).

Overlag, 5—6 cm. sort, torvliggende eller delvis muldagtig jord.

$G = 13.0$, $A = 29.9$. $\frac{G}{A} = 0.43$.

Begge prøver viser, tiltrods for deres forskjellige vegetationsdække, nær overensstemmende titreringskurver (fig. 25). Basegrenen har ingen utpræget støtputevirksomhet at opvise før ved $p_H = 2.8$, fælles for begge prøver. Bjerkeskogens jord (86) viser et utpræget støtputeforraad ved $p_H = 5.6$. Forøvrig naar ingen av prøvene, selv efter største basetilsætning, mere end saavidt op til neutral reaktion ($p_H = 7.0$).

III. Jordtyper over glaciale avleiringer.

De herhen hørende prøver har vi væsentlig fra Rogaland fylke:

Fra Tengesdal—Hetland i Bjerkreim:

Prøve 49. Lyngmark (*Calluna*, *Arctostaphylos*) over glacialt avleirede grusmasser (morænerester).

Overlag, 20 cm. mørkegraa, sterkt sandholdig muldjord (med metemark).

$G = 18.35$, $A = 59.15$, $\frac{G}{A} = 0.31$.

Titreringskurven for denne prøve (fig. 26) har et meget eiendommelig forløp. I basegrenen er omraadet fra den aktuelle $p_H = 6.2$ og ned til $p_H = 4.6$ overordentlig støtputefattig. Ved denne sidste værdi optræder et rikt

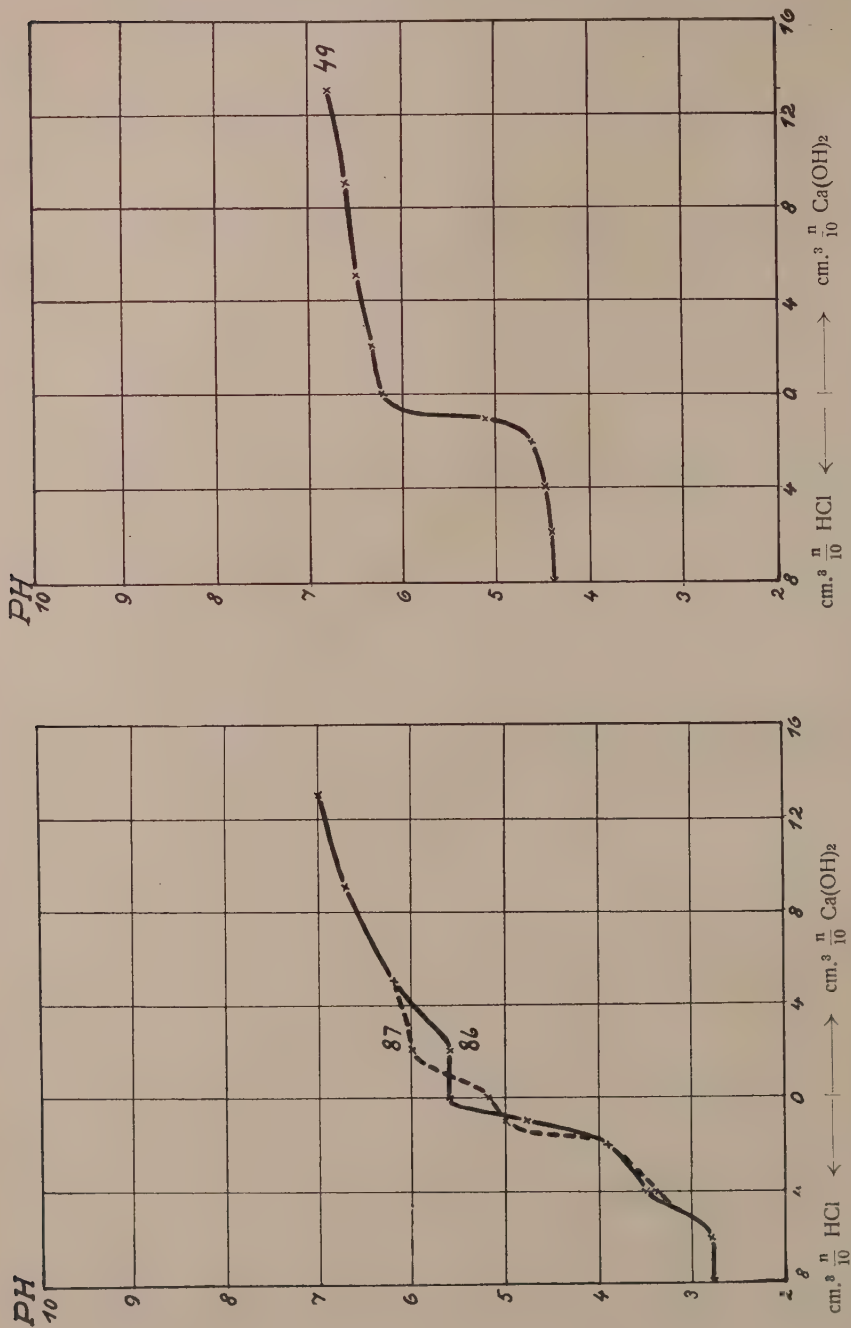


Fig. 26. Prøve 49. Mørkgraa, sterkt sandholdig, muldagtig lyng-jord. Øvre lag i lyngmark over glacielt avleirede grusmasser (morænerester). Tengesdal. Hetland i Bjerkreim.
(Dunkelgraue mullähnliche Heideerde mit vielem Sand. Obere Schicht in Heide über glaciële Moräne. Tengesdal—Hetland. Bjerkreim.)

Fig. 25. Prøve 86. Sort, torvliggende jord (overlag) og graa muld-jord (underlag) i bjerkholt over fjeldknauser. Sausuritgabbro. Trengereid.
(Schwarze, torfähnliche Erde (obere Schicht) und graue Mullerde (tiefer Schicht) in Birkenwäldchen über Felsenkuppen. Sausuritgabbro. Trengereid.)
Sort, torvliggende eller delvis litt muldagtig jord. Overlag i lyngmark over fjeldknauser. Ca. 50 m. fra foregående prøve. Trengereid.
(Schwarze, torf-bis mullähnliche Erde. Obere Schicht in Heide über Felsenkuppen, 50 M. von Probe 86 entfernt. Trengereid.)

forraad av støtputer, som tiltrods for en syretilsætning av $8 \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ HCl}$ holder p_{H} -værdien ved 4.5 - 4.4. Kurvens syregren viser ogsaa et stort støtputeforraad med sterk basebinding ved $p_{\text{H}} = \text{ca. } 6.5$; tiltrods for maksimal basetilsætning naar syregrenen ikke over $p_{\text{H}} = 6.8$.

Prøve 51. Lyngmark (*Calluna*) over moræne.

Overlag, 5 cm. løs, sterkt sandblandet, men relativt humusrik jord.

$G = 19.6$, $A = 59.7$, $\frac{G}{A} = 0.33$.

Prøve 52. Samme profil, under 51.

10 cm. sterkt sandholdig, graa jord, mindre humusrik end 51.

$G = 10.25$, $A = 64.35$, $\frac{G}{A} = 0.16$.

Prøve 53. Samme profil, under 52.

10 cm. grov, brun sandjord.

$G = 8.95$, $A = 61.05$, $\frac{G}{A} = 0.15$.

Prøve 54. Samme profil, under 53.

Grov, brun sand.

$G = 4.05$, $A = 82.75$, $\frac{G}{A} = 0.05$.

Det er paafaldende hvor ensartede samtlige disse 4 prøvers titreringskurver er (fig. 27), og deres overensstemmelse med kurven for prøve 49 (fig. 26) er stor. Den aktuelle surhetsgrad er som hos denne uttrykt ved $p_{\text{H}} = \text{ca. } 6$, og der er den samme mangel paa støtputer ned til $p_{\text{H}} = 4.5$. Her finder vi rike støtputeforraad, beliggende mellem $p_{\text{H}} = 4.0$ og 4.5. Kurvenes syregrener har alle praktisk talt det samme forløp og viser et rikt forraad av basebindende støtputer, med en p_{H} som ved basetilsætningen maksimalt naar 6.8.

Kurver helt overensstemmende med disse har vi fundet for en række andre prøver tat i denne trakt, alle av sterkt sandholdig jord, under lyngvegetationen over moræne (se fig. 32).

Ja, selv for utpræget torvjord finder vi lignende kurveforløp, naar bare torven er sandholdig. Mangler derimot sandindholdet i torven, faar basegrenen et noget andet forløp. Følgende to prøver anføres som eksempler herpaa.

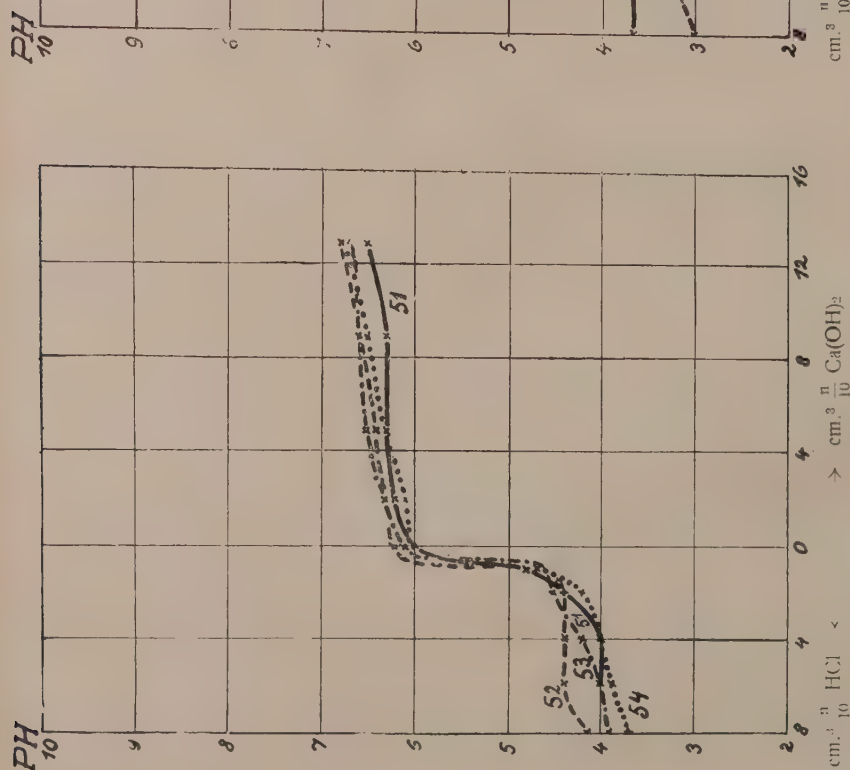


Fig. 27. Prøve 51. Sterkt sandblandet, relativt humusrik lyngjord. Øvre lag i lyngmark paa moræne. Hetland i Bjerkreim.
 (Sand-reiche und humus-reiche Heideerde. Obere Schicht in Heide über Moräne. Hetland in Bjerkreim).
 --- 52. Sterkt sandholdig, mindre humusholdig jord i samme profil (under 51).
 (Wenig Humus enthaltende Sanderde in demselben Profil --- unterhalb Probe 51).
 53. Grov, brun sandjord i samme profil (under 52). (Grobe, braune Sanderde in demselben Profil, --- unterhalb 52).
 54. Grovere, brun sand i samme profil (under 53). (Groberer, brauner Sand in demselben Profil, --- unterhalb Probe 53).

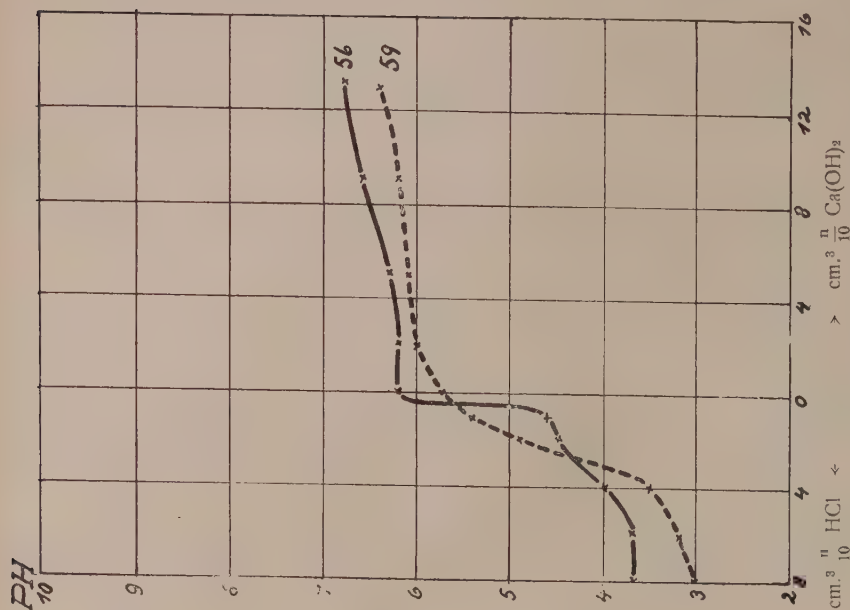


Fig. 28. Prøve 56. Sort, tæt, men sandblandet torv i lokal torvdannelse over moræne. Hetland i Bjerkreim. (Schwarzer, dicht gelagerter sandhaltiger Torf in kleinem Moor auf Moräne. Hetland in Bjerkreim.)
 59. Tæt, sort torv i lokal torvdannelse over moræne. Hetland i Bjerkreim. (Schwarzer, dicht gelagerter Torf in kleinem Moor auf Moräne. Hetland in Bjerkreim.)

Prøve 56. Lokal torvdannelse i forsækning paa samme moræne som 51—54. (*Calluna, Molinia, Scirpus caespitosus.*)
Overlag, 12 cm. sort, tæt, fet, sandblandet torv (av brændtorvkarakter).

$$G = 17.75, A = 25.50, \frac{G}{A} = 0.70.$$

Prøve 59. Lokal torvdannelse paa samme moræne. (*Calluna, Scirpus caespitosus.*)

B. Overlag, 12 cm. tæt, brun torv.

C. Derefter, 10 cm. tæt, sort torv.

D. Underlag, grus og sten.

Prøve 59 tat av C.

$$G = 28.9, A = 13.8, \frac{G}{A} = 2.09.$$

Kurven (fig. 28) for den sandholdige torv i prøve 56 viser hovedsagelig det samme forløp som 49 og 51—54. Der er en absolut mangel paa støtputer fra $p_H = 6.2$ til 4.6. Ved $p_H = 4.5$ og 3.7 er der tydelige støtputeforraad. Kurvens syregren viser den ovenfor fundne sterke basebinding og en maksimal $p_H = 6.8$.

Den rene, ikke synlig sandholdige torv i 59 har en syregren, som viser en sterk basebinding. Basegrenen har et jevnere forløp end i de før nævnte prøver; der er adskillige støtputer, jevnt fordelt mellem $p_H = 5.8$ og 3.2, og ved sidstnævnte værdi optræder et rikere støtputeforraad.

I forbindelse med de ovenfor nævnte prøver skal vi omtale et profil fra lyngmark over moræne i Høiland pr. Stavanger, en lokalitet som ligger ca. 40 km. fra ovennævnte lokaliteter for prøvene 49, 51—54 osv.

Prøve 46. Lyngmark (*Empetrum, Arctostaphylos*) over glacial moræne. Overlag, 9 cm. sort, mest torvagtig, dels noget sandholdig „lyngjord“.

$$G = 27.8, A = 23.4, \frac{G}{A} = 1.19.$$

Prøve 47. Samme profil, umiddelbart under 46, ca. 10 cm. lysegraa, utvasket sand („blysand“).

$$G = 6.4, A = 78.0, \frac{G}{A} = 0.08.$$

Prøve 48. Samme profil, lag umiddelbart under foregaaende (47). Rødbrun sand, øverst med spor av sammenkitning („al“-dannelse).

$$G = 7.0, A = 73.1, \frac{G}{A} = 0.10.$$

Profilen her er et typisk podsolerings-profil, og som saadant av en mægtighet som man relativt sjelden finder i Vestlandets lyngmark (10 cm. bly-sand). Titreringskurvene for de enkelte lag er meget karakteristiske og overensstemmende med det nu almindelige syn paa podsoleringskemi.

Titrationen (fig. 29) for den sterkt sandholdige lyngjord i overlaget (46) viser at den indeholder en række støtputeforbindelser med vekslende styrkeeksponenter mellem 3 og 6.5, og i et slikt forhold at ingen av dem evner at sætte sit præg paa kurven.

Det ligger nær at sammenligne denne prøve med overlaget i podsoleringsprofilen paa Bulken (prøve 36 og 39, fig. 12—13). Disse sidste er prøver med raahumusdannelse i fuld gang, og forholdet $\frac{G}{A} = 12.0$ og 37.8, altsaa overveiende bestaaende av organisk substans. Høilandprøven (46) er sterkt mineralholdig lyngjord med $\frac{G}{A} = 1.2$ og ingen egentlig raahumus, omend dens aktuelle surhetsgrad, med $p_H = 5.0$ (mot 36's $p_H = 6.0$), viser at den er en meget „sur“ jord. Det er her vanskelig at avgjøre om raahumusdannelsen i 46 har fundet sted tidligere og nu er holdt op, eller om der paa grund av et rikt mineralindhold eller dettes specielle kemiske sammensætning overhodet ikke kan komme til nogen typisk opsamling av raahumus, idet denne hurtig nedbrytes; dette sidste er vel den sandsynligste tolkning. I de ovennævnte prøver 36 og 39 kan paa grund av deres mineralfattigdom en saadan nedbrytning enten slet ikke eller kun langsomt finde sted.

Titrationen (fig. 29) for det utvaskede lag 47 viser, overensstemmende med dets lave indhold av organisk substans, en mindre basebindingsevne. Og kurvens basegren viser paa grund av mineralbasenes utvaskning ingen støtputer før ved $p_H = \text{ca. } 3.0$.

Underlaget, 48, representerer al-laget og sandens forvittringszone (d. e. den zone hvor forvittringen paagaar). Dets kurve skal vi omtale i sammenheng med de ovenfor behandlede kurver fra Bjerkreim.

I en række av de ovenfor behandlede prøver (nr. 48, 49, 52 og 56) samt i en senere nævnt prøve (nr. 62, s. 150) finder vi et rikt støtputeforraad ved $p_H = 4.5$. Disse prøver har alle det tilfælles at de foruten mere eller mindre av den øverst liggende lyngjord, indeholder det lag hvor lynghumusen kommer i kontakt med morænesandens forvittringszone. Vi kan derfor, i ethvert fald som en foreløbig arbeidshypotese, gaa ut fra at støtputeforraadet ved $p_H = 4.5$ bestaar av humussyrens salter med svake baser, som Al- og Fe-hydroxyder.

Ogsaa i området $p_H = \text{ca. } 3.8\text{—}4.0$ indeholder prøvene 51, 53, 54, 56 og antagelig ogsaa 49, 52 adskillig av støtputestoffer. Disse stoffer mangler i rene

PH

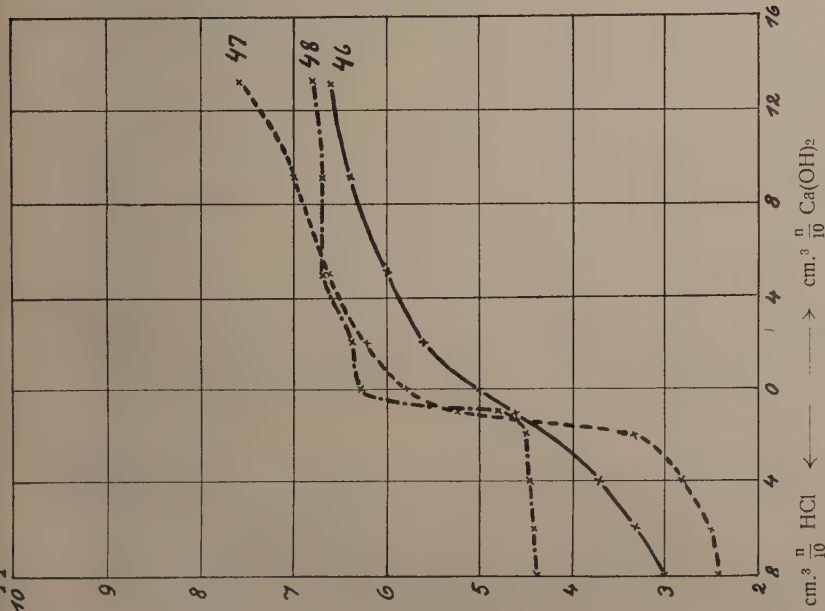


Fig. 29. Prøve 46. Sort, torvagtig, noget sandholdig „lyngjord“. Overlag i lyngmark, moræne. Høiland pr. Stavanger.

(Schwarze, torfähnliche, etwas Sand enthaltende Heideerde. Obere Schicht in Heide auf Moräne. Høiland pr. Stavanger).

— 47. Lysegraa, utvasket sand („blysand“) i samme profil (under 46).

(Hellgrauer, ausgewaschener Sand, — „Blei-sand“ in demselben Profil — unterhalb 46).

— 48. Rødbrun sand, øverst med spor av „al“-dannelse. Samme profil (under 47). (Rotbrauner Sand, im oberen Teil mit Spuren von Ortstein. Dasselbe Profil, — unterhalb 47.)

PH

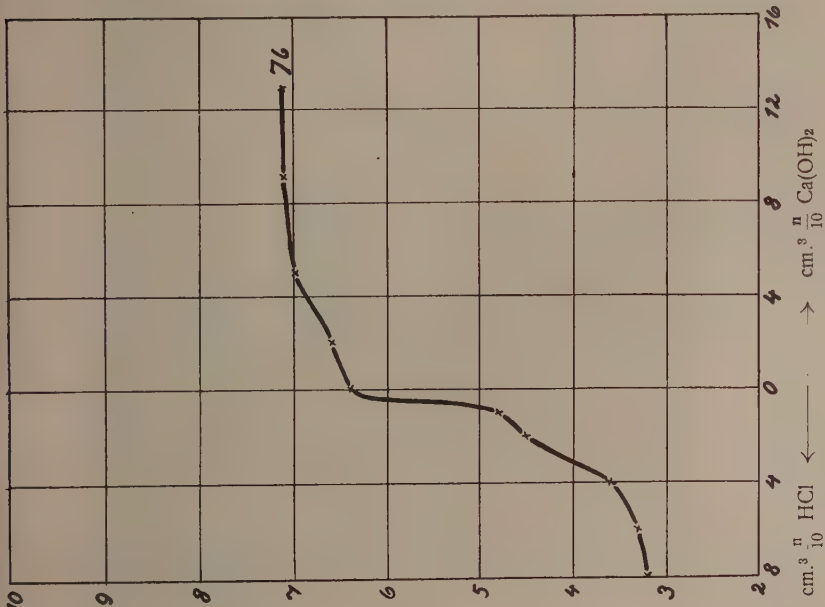


Fig. 30. Prøve 76. Sort, sterkt sandblandet muldjord (overlag) og rød sand med grus (underlag) i bjerkeskog paa skraaning av elveterasse. Granvin. (Schwarze sandreiche Mullerde (obere Schicht) und roter Sand mit Kies (tiefer Schicht) in Birkenwald auf Fluss-Terasse. Granvin.)

torvprøver (59) og i utvaskede lag (47). Dette tyder paa at de er anorganiske forvittringsprodukter (svake baser).

De ovennævnte prøvers titreringskurver viser ogsaa i sine syregrener et temmelig ensartet forløp med sterk basebinding mellom $p_H = 6.0$ og 6.8 . I de relativt humusrike prøver (49, 51, 56, 59, 61 og 62) kan kurveforløpet som tidligere forklares ved tilstedeværelsen av humussyrer, som med den tilsatte kalk danner kalkhumat, og derved bevirker den sterke basebinding som disse kurvers forløp viser. Den sterke basebinding i de næsten helt mineralske prøver 53 og 54 er overraskende; indtil videre kan vi kun forklare den paa samme maate som for de ovenfor nævnte humusrike prøver, og gaa ut fra at ogsaa disse mineralske lag inneholder humussyrer, nedvasket ovenfra, som med den tilsatte kalk danner kalkhumat. En saadan antagelse finder ogsaa støtte i kurven for prøve 48; denne er en overveiende mineralsk prøve, men som det underste lag i et typisk podsoleringsprofil maa den inneholde relativt meget av humussyre, og overensstemmende hermed viser kurvens syregren er sterk basebinding.

Vi har tidligere benyttet os av forholdet $\frac{G}{A}$ og vist, at med stigende værdi av dette forhold finder vi i titreringskurvens syregren at en sterkere og sterkere basebinding gjør sig gjældende. Dette stemmer ikke for de nu behandlede prøver over moræneavleiringene fra Hetland og Høiland.

Nr.	54	53	52	49	51	56	48	46	59
$\frac{G}{A}$	0.05	0.15	0.16	0.31	0.33	0.69	0.96	1.2	2.1
p_H ved maks. base-									
tilsætning	6.8	6.7	6.8	6.8	6.5	6.8	6.8	6.6	6.4

Med tiltagende værdi av $\frac{G}{A}$ følger her ingen synkning av den ved maksimal basetilsætning opnaadde p_H -værdi; selv om en saadan kan spores i rækkens sidste led, blir allikevel hovedindtrykket at de organiske bestanddele her er tilstede i en saa „aktiv“ form (humussyrer) at selv smaa mængder formaar at præge kurven.

Fra Eidet i Granvin har vi følgende prøve:

Prøve 76. Skraaning av elveterrasse med bjerkeskog.

Overlag: 4 cm. sort, sterkt sandblandet muldjord. Underlag: rød sand og fin grus. Prøven er av overlag + 4 cm. underlag.

$G = 4.60$, $A = 78.60$. $\frac{G}{A} = 0.06$.

Prøvens titreringskurve (fig. 30) viser i sin syregren en ganske sterk basebinding og naar selv efter maksimal basetilsætning ikke mere end saavidt op over neutralpunktet ($p_H = 7.1$). Basegrenen viser et mindre støtputeforraad omkring $p_H = 4.6$ og større støtputemængder ved $p_H = 3.3$.

Av tab. 18 (s. 140) vil det fremgaa at samtlige undersøkte jordarter er mere eller mindre sure. Mindst sure er 3 prøver med en aktuel surhetsgrad uttrykt ved $p_H = 6.8$; men selv disse prøver indeholder altsaa i det vandige uttræk næsten dobbelt saa mange H-ioner som en helt neutral opløsning ($p_H = 7.0$). Der er ikke mange prøver (7) med $p_H \leq 6.5$, og først fra $p_H = 6.3-6.2$ og nedover finder vi mange prøver. Av prøver som har en $p_H < 6$ er der ikke mindre end 38 av 91 altsaa 41.7 %. Den sureste prøve (nr. 46) har en $p_H = 5.0$.

Det vil nu være av interesse at undersøke hvor meget base de forskjellige jordprøver kræver tilsat for at faa en neutral reaktion: $p_H = 7.0$. Vi kan her faa en foreløbig oversigt derved at vi ved hjælp av titreringskurvene undersøger prøvenes „kalktrang“, d. v. s. hvor mange $\text{cm.}^3 \frac{n}{10} \text{Ca (OH)}_2$ der trænges for at bringe jordvandets reaktion op til $p_H = 7$, (naar 15 gr. jord er opslemmet i 30 cm.^3 vand og kalkbaseopløsning). I tabel 17 er denne værdi sammen med den aktuelle p_H -værdi og med værdien av forholdet $\frac{G}{A}$ opført for en række prøver.

Det fremgaar av denne tabel at „kalktrangen“ er meget forskjellig for de enkelte prøver.

Tabel 17. Antal $\text{cm.}^3 \frac{n}{10} \text{Ca(OH)}_2$ nødvendig for at bringe jordvandets reaktion op til $p_H = 7$. Prøvens „kalktrang“.

(Anzahl $\text{Cm.}^3 \frac{n}{10} \text{Ca(OH)}_2$ die notwendig ist, um die Reaktion des wässerigen Erdeauszuges auf $p_H = 7$ zu bringen. „Kalkbedarf“ der Probe.)

Skifertrakter
(Schieferformationen).

Prøve nr.	Aktuel p_H	$\frac{G}{A}$	„Kalktrang“ i $\text{cm.}^3 \frac{n}{10} \text{Ca (OH)}_2$
41	6.3	0.04	7.0
67	6.6	0.04	0.6
78	6.8	0.05	2.0
71	6.5	0.05	4.0
76	6.4	0.06	5.0
69	6.8	0.07	0.6

Forts.

Forts. tabel 17.

Prøve nr.	Aktuel pH	$\frac{G}{A}$	„Kalktrang“ i cm. ⁸ $\frac{n}{10} \text{ Ca(OH)}_2$
73	6.2	0.07	8.3
66	6.4	0.08	2.7
38	6.3	0.08	2.8
68	6.4	0.09	1.4
77	6.6	0.09	2.0
35	6.4	0.09	4.0
75	6.0	0.10	5.0
79	6.2	0.10	9.0
70	6.2	0.14	4.4
71	6.4	0.15	4.0
101	5.6	0.17	9.0
34	6.4	0.18	2.0
99	6.2	0.20	5.0
82	5.8	0.20	> 13.0
103	5.6	0.21	> 13.0
94	6.2	0.24	5.0
81	5.4	0.35	> 13.0

Saussuritgabbro

105	5.8	0.18	> 13.0
86	5.6	0.22	13.0
119	5.8	0.36	> 13.0
87	5.2	0.43	> 13.0
118	6.0	1.30	> 13.0
120	6.0	1.40	> 13.0

Glaciale avleiringer
(Glaciale Ablagerungen)

54	6.0	0.05	> 13.0
53	6.1	0.15	> 13.0
52	6.2	0.16	> 13.0
96	5.5	0.20	> 13.0
49	6.2	0.31	> 13.0
51	6.0	0.33	> 13.0
76	6.4	0.60	5.0
56	6.2	0.69	> 13.0
48	6.3	0.96	> 13.0
46	5.0	1.20	> 13.0

Forts.

Forts. tabel 17.

Torvjord og raahumus
(Torf-Erde und Rohhumus)

Prøve nr.	Aktuel pH	$\frac{G}{A}$	„Kalktrang“ i cm^3 $\frac{n}{10} \text{ Ca (OH)}_2$
59	5.7	2.10	> 13.0
40	6.3	2.70	> 13.0
36	6.0	12.0	> 9.0 (13)
39	6.0	37.8	> 9.0 (13)
29	5.7	46.3	> 9.0 (13)

Det fremgaar av tabellen at muldjorden fra skifertraktene har en liten kalktrang, i ethvert fald saa længe forholdet $\frac{G}{A}$ ikke naar over 0.20. Fra denne grænse viser tabellen gjennemgaaende kalktrangstal $> 13.0 \text{ cm}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca (OH)}_2$. Prøvene fra saussuritgabbrotraktene har gjennemgaaende et større indhold av organisk stof, med $\frac{G}{A} > 0.20$ og en kalktrang > 13 . Prøvene fra de glaciale avleiringer er forsaavidt en ensidig samling som de fleste er fra Jæderen — Ekersundtrakten. Disse har alle en meget stor kalktrang, sikkert betydelig over 13; det samme gjælder en prøve fra granskog over moræne i Aas (nr. 96), medens en prøve fra glaciale elveterrasser i Granvin (nr. 76) bare viser kalktrangen 5. Prøver av torvjord og raahumus viser som ventelig alle stor kalktrang, > 13 .

Kap. IV. Jordens salpetersyredannelse i forhold til dens reaktion.

Vi skal i al korthet undersøke om den i forrige avsnit vundne oversigt over jordens surhetsgrad kan ha nogen betydning for forstaaelsen av de enkelte prøvers høist varierende nitrifikationsevne.

Den aktuelle surhetsgrad (uttrykt ved sin p_H -værdi) for de forskjellige jordprøver og i forbindelse dermed deres nitrifikation er fremstillet nedenfor i tabel 18.

Denne tabel viser klart at nitrifikationsprocessen i jordbunden kun i mindre grad er direkte avhengig av jordens aktuelle surhetsgrad. Vistnok indeholder tabellens første del med p_H -verdier fra 6.8 og til og med 6.4 praktisk talt kun sterkt nitrifiserende prøver¹⁾, mens vi allerede fra en p_H -værdi av 6.3 finder mange ikke-nitrifiserende prøver. Dette resultat kan og bør vel tolkes derhen at en reaktion inden det nævnte p_H -belte er gjennomgaaende gunstigere for nitrifikationsprocessen end en reaktion med lavere p_H -verdier (surere jord). Det er imidlertid sikkert ogsaa andre forhold som spiller ind her, og bl. a. maa det undersøkes om jordens indhold av støtputer har nogen betydning ved at neutralisere den dannede salpetersyre. Vi kommer straks tilbake hertil. Tab. 18 viser imidlertid en række prøver med god nitrifikation helt ned til $p_H = 5.4$ (prøve 81), og selv denne høie aktuelle surhetsgrad tillater altsaa en nitrifikation av 155.6 mgr. NO_3 pr. 1000 cm.³ jord.

Dette resultat bekræfter helt ut tidligere undersøkelser bl. a. av *Carsten Olsen*. Ogsaa han finder den sterkeste nitrifikation i jordprøver med svakt sur reaktion ($p_H = 7-6.5$); men der er ogsaa i hans analyser en række sterkt nitrifiserende prøver med langt lavere p_H , og selv en torvprøve med $p_H = 3.6$ har

¹⁾ Det negative resultat av nitrifikationsforsøket med prøve 34 skyldes sandsynligvis et for høit vandindhold (41.5 %).

Tabel 18. Oversigt over forholdet mellem jordprøvenes aktuelle surhedsgrad (uttrykt ved pH) og deres salpetersyredannelse.

(Übersicht über das Verhältnis zwischen der aktuellen Reaktion der Erdproben (als pH ausgedrückt) und ihrer Nitrifikation).

Aktuel p	Journal nr.	Jordens art og indsamlingssted (Art und Einsammlungsort d. Erdproben)	Indhold ¹⁾ av salpetersyre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord efter 30 dg. (Salpeter- sæure-Gehalt mgr. pro 1000 Cm. ³ Erde nach 30 Tg.)	Nitrifikation i opløsning efter 30 dg. (Nitrifikation in Lösung nach 30 Tg.)		
				Nessler	Gries	Diphenyl- amin.
6.8	23	Bjerkehumus, Mjølfjell,	28.6	×××	××	××
	69	Græsmark, skiferjord, Granvin ..	13.8	×××	×××	×××
	78	Skiferskredjord, Nordheimsund ..	55.4	0	0	×××
6.7						
6.6	67	Skiferholdig muldjord i løvskog, Granvin	20.4	×××	×××	×××
	77	Skredjord, løvskog, Eide i Granvin	107.9	×××	×××	×××
6.5	27	Granplantning i lyngmark, Søfteland	40.0	×××	××	×××
	71	Skiferholdig jord i oreskog m. furu, Granvin	25.0	×××	×××	×××
6.4	34	Muldjord i blandet løvskog, Bulken	0.5	×××	×××	×××
	35	Grus og sandblandet jord, Bulken	21.3	×××	×××	×××
	66	God skiferblandet muldjord i løvskog, Granvin	68.4	×××	×××	×××
	68	God skiferblandet muldjord, Granvin	85.3	×××	×××	×××
	74	Grynet, skifermuldjord, løvskog, Granvin	107.3	×××	×××	×××
	76	Sandblandet muldjord i bjerkeskog paa elveterasse, Eide i Granvin	32.0	×××	×××	×××
6.3	26	Sandholdig muldjord i aapning i bjerkeskog, Mjølfjell	16.9	×××	0 ²⁾	0 ²⁾

¹⁾ Tallene angir den samlede nitratmængde efter 30 dg.'s kultur.

²⁾ Andre kolber gav dog efter 60 dg. Gries ××× og Diphenylamin ×××

Forts.

Forts. av tabel 18.

Ak- tuel pH	Jour- nal nr.	Jordens art og innsamlingssted (Art und Einsammelungs- ort d. Erdproben)	Indhold ¹⁾ av salpetersyre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord etter 30 dg. (Salpeter- säure-Gehalt mgr. pro 1000 Cm. ³ Erde nach 30 Tg.)	Nitrifikation i opløsning etter 30 dg. (Nitrifikation in Lösung nach 30 Tg.)		
				Nessler	Gries	Diphe- nyl- amin
6.3	28	Sortbrun, muldagtig jord i gran- plantning i lyngmark, Søfteland	1.7 ²⁾	0—X	XXXX	XXXX
	38	Brun sandjord fra al-lag i furu- skog, Bulken	1.5	XXXX	0	0
	39	Raahumus, væsentlig <i>Calluna</i> i furusog, Bulken	≡ 0.4	XXXX	0	0
	41	Grus- og sandholdig forvittrings- jord i furusog, Bulken	≡ 0.4	XXXX	0	0
	48	Rødbrun sand, lyngmark i Høiland	≡ 0.4	XXXX	0	0
	57	Sandblandet muldjord i granplant- ning i lyngmark paa moræne, Hetland i Bjerkreim	≡ 0.4	0	XXXX	XXXX
	60	Sandholdig muldjord, granplant- ning i lyngmark paa glacial grusavleiring, Hetland	≡ 0.4	XXXX	XX	XXXX
	63	Sandjord i lyngmark, Hetland i Bjerkreim	≡ 0.4	XXXX	0	0
	64	Torvjord i lyngmark, Vigrestad..	≡ 0.4	XXXX	XXXX	XXXX
	93	Grynet, god muldjord i granskog, V. Aker	20.9	XX	XXXX	XXXX
6.2	25	Torvagtig jord i bjerkeskog, Mjøl- fjell	7.1	XXXX	0	0
	37	Utvasket sand („blysand“) i furu- skog, Bulken	≡ 0.4	XXXX	0	0
	49	Sandholdig muldjord i lyngmark paa glacial avleiring, Hetland i Bjerkreim	≡ 0.4	XXXX	0	0
	52	Sandholdig jord, granplantning i lyngmark paa moræne, Het- land	≡ 0.4	XXXX	0	0
	56	Sort, tæt torv paa moræne, Hetland	≡ 0.4	XXXX	0	0
	58	Brun tæt torv paa moræne, Het- land	≡ 0.4	XXXX	0	0

¹⁾ Tallene angir den samlede nitratmengde efter 30 dgs kultur.²⁾ Lave nitratmengder skyldes antagelig høit vandindhold: 42.3 %.

Forts.

(Forts.)

Ak- tuel pH	Jour- nal nr.	Jordens art og indsamlingssted (Art und Einsammelungs- ort d. Erdproben)	Indhold ¹⁾ av salpetersyre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord efter 30 dg. (Salpeter- säure-Gehalt mgr. pro 1000 cm. ³ Erde nach 30 Tg.)	Nitrifikation i opløsning efter 30 dg. (Nitrifikation in Lösung nach 30 Tg.)		
				Nessler	Gries	Diphe- nyl- amin
6.2	62	Sandholdig jord i lyngmark over glacial avleiring, Hetland	\approx 0.4	XXX	0	0
	65	Tæt, sort torvjord i lyngmark, Vigrestad	2.4	0	XXX	XXX
	70	God, skiferrik jord i oreskog med furu, Granvin	105.4	XXX	XXX	XXX
	73	Blygraa, tæt forvittringsjord av skifer, furuskog i Granvin.....	0.4	XXX	0	0
	79	Sterkt skiferholdig jord i løvskog, Norheimsund	133.4	0	0	XXX
	94	Storgrynet, god muldjord over skifer, V. Aker	280.6	0	0	XXX
	99	God, grynet muldjord over skifer- fjeld i granskog, Lysaker i V. Aker	1.0	XXX	XXX	XXX
			0.7	XXX	X	X
6.1	22	Tæt torvjord fra myr, Mjølfjell .	0.7	XXX	X	X
	24	Sand og grusholdig jord i bjerke- skog, Mjølfjell.....	44.7	XXX	XXX	XXX
	50	Sandholdig muldjord over glacial grusavleiring, lyngmark, Het- land	\approx 0.4	XXX	0	0
	53	Grovsandet, brun jord i granplant- ning i lyngmark paa moræne. Hetland	\approx 0.4	XXX	0	0
	61	Grynet, god sandholdig muldjord i granplantning, Hetland.....	\approx 0.4	XXX	XXX	XXX
	117	Grynet, skiferblandet muldjord, Søfteland i Os	24.0	0	0	XXX
6.0	36	Raahumus i aapen furuskog, Bulken.....	\approx 0.4	XXX	0	0
	40	Graabrun, tæt jord, furuskog, Bulken.....	\approx 0.4	XXX	0	0

¹⁾ Tallene angir den samlede nitratmængde efter 30 dg.'s kultur.

Forts.

(Forts.)

Ak- tuel pH	Jour- nal nr.	Jordens art og indsamlingssted (Art und Einsammelungs- ort d. Erdproben)	Indhold ¹⁾ av salpetersyre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. jord efter 30 dg. (Salpeter- säure-Gehalt mgr. pro 1000 cm. ³ Erde nach 30 Tg.)	Nitrifikation i opløsning efter 30 dg. (Nitrifikation in Lösung nach 30 Tg.)		
				Nessler	Gries	Diphe- nyl- amin
6.0	51	Sandblandet, noget torvagtig jord fra granplantning i lyngmark, Hetland	\leq 0.4	×××	0	0
	54	Grov, brun sand fra granplantning i lyngmark, Hetland	0.5	×××	0	0
	55	Sandholdig jord i furuplantning paa moræne, Hetland	1.0	×××	×	×
	72	Raahumus i furuskog, Granvin..	0.4	×××	0	0
	75	Sort, grynet, sterkt skiferholdig jord i løvskogli, Granvin	114.4	×××	×××	×××
	102	Sandblandet, lysegraa muldjord under løvtrær, Lysekloster	34.0	0	×××	×××
	118	Sort, torvliggende jord i lyng- mark, Søfteland	9.1	×-××	×-××	×××
	120	Sort, grynet muldjord i løvskog, Søfteland	52.6	×	××	×××
5.9						
5.8	47	Lysegraa, utvasket sand i lyng- mark, Høiland	\leq 0.4	×××	0	0
	82	Smaagrynet, muldlignende jord fra græsmark i løvskogkrat, Norheimsund	84.7	×××	×××	×××
	105	God skogmuld fra furuskog, Søfte- land	41.6	×××	×××	×××
	108	Torvagtig jord i lyngmark, Fana	0.7	×××	×-××	××-×××
	119	God grynet muldjord i tæt ener- bevoksning, Søfteland	0.8 ²⁾	×××	××-×××	×××
5.7	29	Brændtorvmyr, Søfteland	1.6	×××	××	××
	59	Tæt, sort torv, Hetland	\leq 0.4	×××	0	0
	83	God muldjord, noget leragtig, græsmark mellem hasselskog, Norheimsund	3.9	×××	0	0

¹⁾ Tallene angir den samlede nitratmængde efter 30 dg.'s kultur.²⁾ Prøven er sikkert for vandholdig (45.8 %) til god nitrifikation.

Forts.

(Forts.)

Ak- tuel pH	Jour- nal nr.	Jordens art og indsamlingssted (Art und Einsammlungsort d. Erdproben)	Indhold ¹⁾ av salpetersyre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord efter 30 dg. (Salpeter- säure-Gehalt mgr. pro 1000 cm. ³ Erde nach 30 Tg.)	Nitrifikation i opløsning efter 30 dg. (Nitrifikation in Lösung nach 30 Tg.)		
				Nessler	Gries	Diphe- nyl- amin
5.7	85	Leret, fet jord under lindetræ, Norheimsund	99.2	×××	×××	×××
	107	Grynet god muldjord i bjerkeli, Søfteland	0.8	×××	×××	×××
5.6	80	Grynet, skiferholdig muldjord i løvskogkrat, Norheimsund.....	80.7	0	×××	×××
	86	Blanding av muldjord og jern- holdig grus i bjerkeskog, Trenge Reid	29.2	×××	×××	×××
	88	Grynet, god muldjord, i lyngmark, Holsenøen pr. Bergen	0.4	×××	×××	×××
	90	Tæt, sortbrun lyngjord, Holsenøen pr. Bergen	0.4	×××	×	×
	92	God skogjord av muldlignende art, plantet furuskog, Holsenøen	0.9	×××	0	0
	97	Raahumus (sandblandet) i gran- skog, V. Aker	0.8	×××	0	0
	100	God, grynet, skiferholdig jord i furuskog over skifer, Lysaker i V. Aker	0.4	×××	0	0
	101	Grynet, god muldjord i løvskog, Lysekloster i Os	1.9	×××	×××	×××
	103	Tæt, sort muldjord i furuskog, Lysekloster i Os	77.3	×××	×××	×××
	104	Sandblandet jord i furuskog, Lysekloster i Os	42.1	×××	×××	×××
	106	Tæt, sort torvjord fra lokal myr- dannelse i furuskog, Søfteland	35.5	×××	×××	×××
	109	Muldlignende jord dog med torv- rester, Fana	0.6	0	×××	×××
	110	Sort, grynet muldjord under ener- bevoksning, Fana	146.2	0	×××	×××
	111	Rødbrun, sandholdig jord med noget torv, lyngmark i Fana ..	1.6	×××	0	0

¹⁾ Tallene angir den samlede nitratmængde efter 30 dg.'s kultur.

(Forts.)

(Forts.)

Ak- tuel pH	Jour- nal nr.	Jordens art og indsamlingssted (Art und Einsammelungsort d. Erdproben)	Indhold ¹⁾ av salpetersyre (NO ₃) mgr. pr. 1000 cm. ³ jord efter 30 dg. (Salpeter- säure-Gehalt mgr. pro 1000 cm. ³ Erde nach 30 Tg.)	Nitrifikation i opløsning efter 30 dg. (Nitrifikation in Lösung nach 30 Tg.)		
				Nessler	Gries	Diphe- nyl- amin
5.6	113	Sandholdig jord i daarlig furu- skog over fjeldknauser i Fana	0.7	XXX	0	0
	114	Rustbrunt farvet sandjord i aapen furuskog over fjeldknauser, Fana	2.4	XXX	X-XXX	X-XXX
	115	Sortbrun muldjord i aapen løv- skog, Dolvik i Fana	9.2	XXX	0	0
	116	Rødbrun sandholdig muldjord i aapen løvskog, Dolvik i Fana	28.1	X-XXX	XXXX	XXXX
5.5	84	Tæt, men fet, god jord av noget leragtig karakter, græsmark mel- lem hasselskog, Norheimsund	15.3	XXX	XXXX	XXXX
	95	Uformuldede grannaaler fra gran- skog, Aas	0.9	XXX	0	0
	96	Sandblandet skogmuld i gran- skog, Aas	2.0	XXX	X-XXX	X-XXX
	98	Grus og sandholdig forvittrings- jord over fjeld, granskog i V. Aker	1.8	XXX	XXXX	XXXX
5.4	81	Noget torvagtig, men relativt god muldjord, mager græsmark i hasselkrat, Norheimsund	155.6	XXX	XXXX	XXXX
	89	Mørkbrun, god muldjord, lyng- mark over fjeldknauser, Hol- senøen	0.4	XXX	XXXX	XXXX
	91	God, grynet muldjord fra lyng- mark paa Holsenøen pr. Bergen	0.4	XXX	0	0
	112	Raahumus av furunaaler og lyng, furuskog i Fana	0.6	XXX	0	0
5.3						
5.2	87	Sort torvjord (av lyng), Trengereid	0.4	XXX	X	0
5.1						
5.0	46	Noget sandholdig, torvagtig jord i lyngmark, Høiland	0.4	XXX	0	0

¹⁾ Tallene angir den samlede nitratmængde efter 30 dg.'s kultur.

en nitrifikasjon av 24.79 mgr. i 25 dg. Ogsaa *Barthel* (1919 og 1920)¹⁾ paaviser nitrifikasjon i sur jord.

Undersøker vi inden p_H -omraadet 6.3—5.0 alle de jordprøver som har en kraftig nitrifikasjon, viser det sig at disse overveiende stammer fra trakter hvor bergarten (det faste fjeld) er skifer, mens de ikke nitrifiserende eller daarlig nitrifiserende overveiende er fra grundfjeldstrakter eller glaciale avleiringer, eller er typiske raahumusprøver. Der er saaledes 20 prøver med $p_H = 6.3$ eller lavere, som allikevel har en nitrifikasjon større end 20 mgr. NO_3 , og av disse er 13 prøver fra skifertrakter, 3 prøver fra trakter med den basiske bergart Saussuritgabbro (Søfteland), 1 fra Labradorstentrakt og 1 tat av ren torvjord (Saussuritgabbro).

Av de ikke-nitrifiserende prøver er de fleste fra glaciale avleiringer (Jæderen — Hetland o. s. v.) eller typiske raahumusprøver. Dog er der ogsaa ikke-nitrifiserende prøver fra typiske skifertrakter, som f. eks. prøve nr. 73, 99, 83, 100. Selv om altsaa nitrifikasjonen er kraftigst og hyppigst i jord over basiske (kalkrike) bergarter og jevnt daarlig over grundfjeld og glaciale avleiringer, er der saa mange undtagelser at man heller ikke her kan opstille nogen sikker regel.

Selv om man kan si at en mere basisk sammensat fjeldgrund, med derav følgende næsten neutralt reagerende jord, begunstiger nitrifikasjonen, maa der ved siden herav være andre specielle forhold i jordens tilstand som har avgjørende betydning, og som det er av vigtighet at faa undersøkt.

Det kan saaledes paa forhaand antas at de salpetersyredannende bakterier i sin produktion vil være avhengig av hvorvidt den av dem dannede salpetersyre vil bli neutraliseret eller ophopet i fri tilstand, og lokalt omkring bakteriekoloniene bevirke en skadelig surhetsgrad. I saa tilfælde skulde bakterienes livsproces og syreproduksjon være avhengig av om der i jorden er skikkelig støtputeforbindelser, som kan motvirke en for sterk økning i vandstof-ion-koncentrationen.

For at faa en oversikt herover har vi søkt at skaffe os et maal for den støtputemængde som ved syretilsætning blir mobiliseret, inden vandstof-ion-koncentrationen er vokset til en viss størrelse, uttrykt ved en bestemt p_H -værdi. Som en slik grænseværdi har vi valgt $p_H = 4.0$, og som maal for det mellem den aktuelle p_H og $p_H = 4$ mobiliserte støtputeforraad har vi ganske enkelt benyttet den syremængde som skal til for at gi jordvandet en $p_H = 4$ (se titreringskurvene).

¹⁾ Anmerkn. under trykningen. I et arbeide (1920) finder *Barthel* nitrifikasjon ned til $p_H = 4.0$.

Tab. 19. Oversigt over støtputemængden mellem aktuel pH og $pH = 4$ og nitrifikationen.
(Übersicht über die Buffermenge zwischen aktuellem pH und $pH = 4$ und die Nitrifikation).

Egn (Gegend)	Prøve nr. (Nummer der Probe)	Støtputemængde „Buffer“-Menge	Nitrifikation
Bulken.....	37	1.2	0.4
	40	1.5	0.4
	35	5.8	21.3
	38	4.0	1.5
	41	2.5	0.4
	36	4.0	0.4
	39	4.0	0.4
	34	6.0	0.4
Granvin	73	1.2	0.4
	71	1.4	25.0
	75	2.8	114.4
	67	3.0	20.4
	70	3.5	105.4
	66	4.6	68.4
	74	4.5	107.3
	69	6.5	13.8
	68	8.0	85.3
	77	7.8	107.9
	76	3.0	32.0
Norheimsund	81	1.3	155.6
	82	1.3	84.7
	85	3.3	99.2
	79	5.0	133.4
	78	7.0	55.4
Lysekloster.....	101	3.0	1.9
	103	3.6	77.3
Tren gereid.....	86	1.9	29.2
	87	1.9	0.4

(Forts.)

Forts. tabel 19.

Egn (Gegend)	Prøve nr. (Nummer der Probe)	Støputemængde („Buffer“-Menge)	Nitrifikation
Søfteland	29	1.4	1.6
	119	2.6	0.8
	105	5.0	41.6
	118	2.7	9.1
	120	7.0	52.6
Holsenøen	91	3.0	0.4
	90	3.0	0.4
Fana	110	4.0	146.2
	111	> 8.0	1.6
Høiland	46	2.8	0.4
	47	1.7	0.4
	48	> 8.0	0.4
Hetland	54	3.0	0.5
	51	4.0	0.4
	56	4.0	0.4
	53	6.0	0.4
	60	6.0	0.4
	61	6.0	0.4
	59	3.2	0.4
	52	> 8.0	0.4
	49	> 8.0	0.4
Øst-Norge	96	1.3	2.0
	98	1.4	1.8
	99	> 8.0	1.0
	94	> 8.0	280.6

Det vil af tabel 19 med tilstrækkelig tydelighed fremgaa at der ikke er nogen direkte regelmæssig sammenhæng mellem en jordprøves mobiliserbare støputemængde — slik som den tilnærmet kan maales af titreringskurvens basegren — og prøvens nitrifikationsevne. Selv inden samme egn finder vi, se f. eks. i prøvene fra Norheimsund, den maksimale nitrifikation ved en saa lav støputekoncentration som 1.3 (prøve 8i) og en langt mindre nitratproduktion i den meget

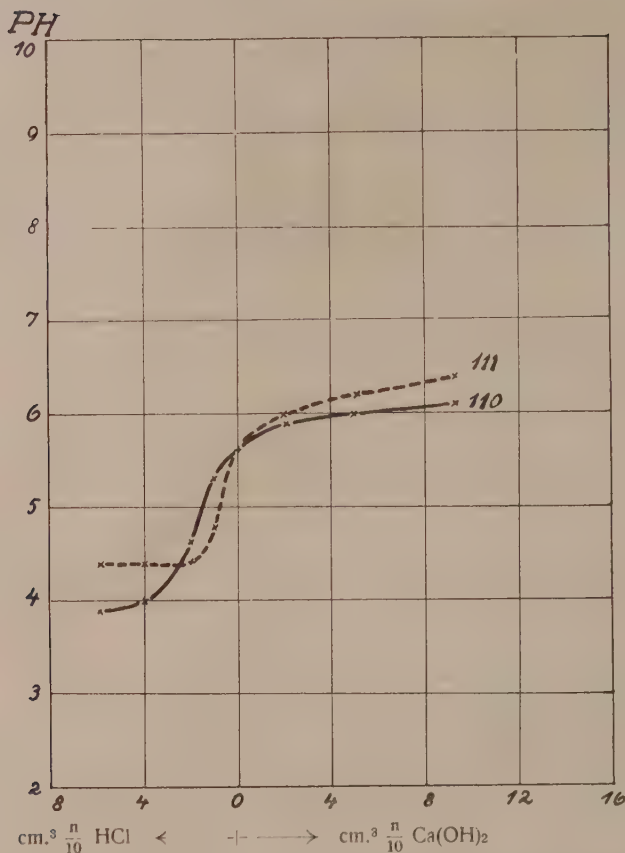


Fig. 31. Prøve 110. Sort, grynet muldjord, dannet ved formuldning av enerblade. Overlag i frodig enerbevoksning i lyngmark over Saussuritgabbro. Nitrifikation i 30 dg. 120 mgr. NO_3 pr. liter jord. Birkeland i Fana.

(Schwarze Mullerde mit Krümelstruktur durch Verwesung von *Juniperus*-Blätter gebildet. Obere Schicht in üppigem *Juniperus*-Gebüsch in Heide über Saussuritgabbro. Nitrifikation in 30 Tg. 120 Mgr. NO_3 pr. 1000 Cm.^3 Erde Birkeland in Fana.)

- 111. Rødbrun, sandholdig muldjord. Overlag i en ca. 4 m.² stor lyngbevoksning midt i ovennævnte enerbevoksning, tat 10 m. fra 110. Nitrifikation i 30 dg. 1.4 mgr. NO_3 pr. liter jord. Birkeland i Fana.

(Rotbraune, Sand enthaltende Mullerde. Obere Schicht in einem 4 M.² grossen *Calluna*-Gesellschaft mitten im oben erwähnten *Juniperus*-Gebüsch und 10 M. von 110 entfernt. Nitrifikation in 30 Tg. 1.4 Mgr. NO_3 pr. 1000 Cm.^3 Erde.

støtputerikere prøve 78. Prøvene fra Granvin og andre skifertrakter viser de samme uregelmæssige forhold. Vi kan derfor gaa ut fra at inden de her anvendte forsøksforhold har prøvenes støtpute-kvantitet ikke formaadd at sætte noget lov-mæssig præg paa nitrifikationens intensitet.

Imidlertid viser den rike forekomst av nitrificerende prøver i visse skifertrakter at der utvilsomt er en forbindelse mellem salpetersyreproduksjonen og egnens geologiske forhold. Til en viss grad kan de av bergartens mineraler dannede forvittringsprodukter ha betydning direkte som næringsstoffer for bakteriene, og bergarter som mangler disse, vil da gi en jordbund med relativt ugunstige nitrifikasjonsbetingelser. Paa den anden side maa vi erindre at grundlaget for nitrifikasjonen er kvælstof i form av ammoniak, og at processen under ellers like vilkaar vil foregaa bedst der hvor der er den optimale ammoniakkoncentration. Ved hvilke værdier denne ligger i jordbunden, lar sig endnu ikke sikkert si; men alle faktorer som er av betydning for de bakterier som danner ammoniak av humus, vil ogsaa ha stor betydning for nitrifikasjonsbakterienes trivsel. Og det er meget mulig at jordbundens surhetsgrad og støtputeforhold er av størst betydning for de ammoniakproducerende bakterier og gjennom disse indirekte for de salpetersyredannende bakterier. I dette tilfælde vil ogsaa mange andre forhold, som humusstoffenes kvælstofindhold, arten av de plantesamfund som har dannet dem o. s. v. spille ind og forskyve forholdene.

Særlig maa sammensætningen av det plantesamfund som danner humuslaget paa en eller anden maate spille en stor rolle. Det kan her henvises til den sterkt økede nitratproduksjon i lerceplantningen paa Søfteland (nr. 1—2) i forhold til den nærliggende ubeplantede lyngmark (3—4). Og det mest slaaende eksempel er prøvene 110 og 111 tat i faa meters avstand fra hinanden, den første bestaaende av god enermuld den anden av lyngtorv; de har begge samme aktuelle surhetsgrad, og som fig. 31 viser, er der intet i prøvenes titreringskurver som skulde tale til fordel for nitrifikasjonen i 110. I den vekstkraftige granskog, Rustadskogen ved Lysaker (prøve 99), som ligger over typisk silurskiferformation finder vi, tiltrods for det overmaade gunstige forløp av titreringskurven (se tabel 20) og jordens utprægede muldkvalitet ingen jordnitrifikasjon av betydning.

Og prøve 100 fra samme skog, som bestaar av god grynet muldjord over skiferfjeld og med overlagret raahumus av furunaaler, viser heller ikke spor av nitrifikasjon. Den manglende nitrifikasjon i mange raahumusprøver av *Conifer*-oprindelse kan muligens for en del skyldes den desinficerende virkning som barnaalenes indhold av eteriske oljer etc. utøver paa bakteriellivet (*Koch* 1917).

Disse eksempler viser, sammen med de tidligere fremførte analyseresultater, at tiltrods for at nitrifikasjonen utvilsomt stort set ledes av fjeldgrundens beskaf-

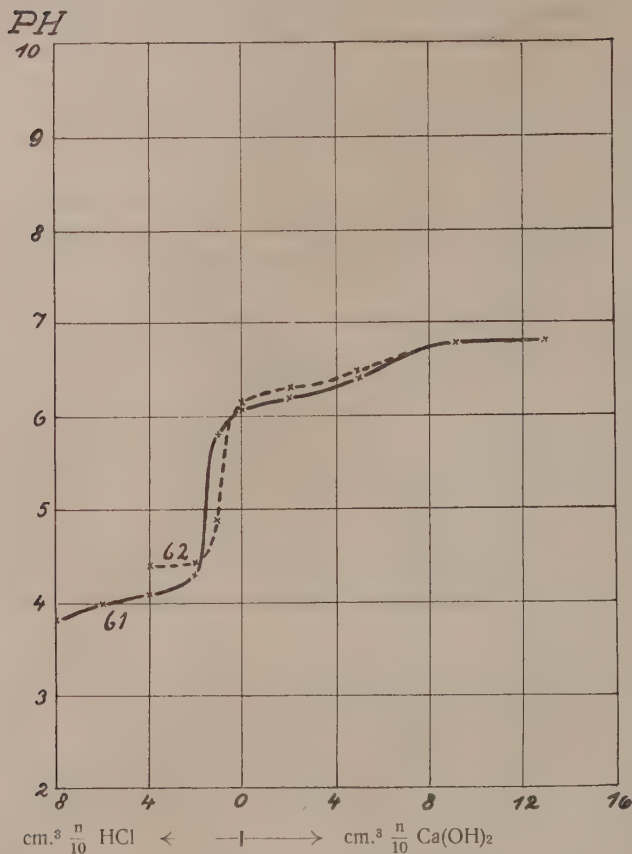


Fig. 32. Prøve 61. Sandholdig, grynet, god muldjord. Overlag i granplantning i lyngmark paa moræne. Granen i god, rask vekst 2—3 m. høi. Hetland i Bjerkreim.

(Sandhaltige Mullerde mit Krümelstruktur. Obere Schicht in Fichte-Kultur in Heide auf Moräne. Die Fichte in lebhaftem Wachstum, 2—3 M. hoch. Hetland in Bjerkreim).

- 62. Sandholdig, graa jord. Overlag ca. 25 m. fra 61. Granen endnu i typisk veksthemmning og neppe naaende over lyngen. Hetland i Bjerkreim.

(Sandhaltige, graue Erde. Obere Schicht ca. 25 M. von 61 entfernt. Die Fichte noch in typischer Wachstumshehmung und kaum über die Calluna-Planzen hinauf reichend. Hetland in Bjerkreim).

fenhet og er bedst i skifertrakter, er der allikevel betingelser for dens realisation som vi endnu ikke kjender, og som det blir av den største betydning at faa paa det rene.

En antydning om hvori disse ukjendte forhold bestaar, faar vi dog kanskje av titreringskurvene i fig. 31 og 32. I fig. 31 viste den ikke-nitrificerende prøve (111) et støtputeforraad ved $p_H = \text{ca. } 4.5$, og efter fig. 32 har den ikke-nitrificerende prøve (62) med gran i typisk veksthemning likeledes et støtputeforraad ved samme p_H . Av begge figurer ser vi at de like i nærheten samlede prøver med god (110) eller svak, men dog nogen nitrifikation (61) begge mangler denne støtpute. Støtputeforraadet ved $p_H = 4.5$ har vi, som tidligere vist, fundet i en række ikke-nitrificerende prøver og tolket som en opsamling av humussure Fe- og Al-salter. Disse jordprøver har altsaa hat en produktion av humussyrer. Det er derfor mulig at den manglende nitrifikation i disse prøver beror derpaa, at nedbrytningen av den organiske substans gaar „humussyreveien“, og at der av den grund ikke dannes nogen for nitrifikation skikket kvælstofforbindelse (ammoniak).

Med hensyn til spørsmålet om granens veksthemning har disse rént orienterende undersøkelser endnu ikke git mange faste holdepunkter; men der er dog flere av vore analyser som peker i samme retning som de før nævnte danske undersøkelser over nitrifikationens betydning for de unge graners trivsel.

Særlig gir analysene fra veksthemningsfeltene i Hetlandplantningen antydninger i denne retning. Av de 14 analyser, repræsenterende 10 profiler, som vi har fra denne plantning, gir alle undtagen 4 helt negative resultater med hensyn til nitrifikation. Av de 4 prøver som gir svake spor av nitrifikation (i væskeskulturer), er de to tat like under graner som er kommet ut av veksthemningen og nu er i rask vekst; de to andre er tat, den ene i en kraftig voksende furu-plantning, den anden i en ædelgranplantning. Alle andre prøver fra dette omraade viser absolut negative resultater.

Man hører ofte fremholdt at veksthemningen skyldes sterkt „sur“ jord. Dette er sikkert ikke altid rigtig. Prøvene fra veksthemningsflatene i Hetlandsfeltet har en aktuell $p_H = 6.1-6.2$ og et forholdsvis stort støtputeforraad ved $p_H = 4.0-4.5$. Selv om denne jord er tydelig sur, har vi adskillige eksempler paa god granvekst paa avgjort surere jord. Fig. 32 som viser titreringskurver for to prøver fra Hetlandsfeltet er et godt eksempel paa at „surheten“ ikke alltid er det avgjørende. Prøve 61 er god sandholdig muldjord omkring røttene av en gran i god vekst

(2—3 m. høi) mens prøve 62 er graa, sandholdig jord tat ved graner i typisk veksthemning (0.3 m. høie) bare 25 m. fra 61. Prøvene har praktisk talt samme aktuelle surhetsgrad og titreringskurvene avviker kun derved at basegrenens støtpute ligger ved en noget høiere p_H i 62 end i 61.

Begrepet „sur jord“ som det brukes i praksis trenger en grundig revision. Det er neppe mulig at bedømme jordens virkelige surhetsgrad efter dens utseende. Til bedømmelse av en jords surhetsgrad hører foruten bestemmelse av dens aktuelle surhetsgrad ogsaa en bestemmelse av dens potentielle surhetsgrad, d. e. dens indhold av støtputestoffer. Ved bestemmelse av en jords vandstofion-koncentration (uttrykt ved p_H) efter varierende mængder av tilsat syre og base, kan man konstruere jordens titreringskurve, og har i denne det eneste rationelle middel til bedømmelse av jordens surhet. Særlig ved spørsmålet om kalkning av sur jord maa jordens titreringskurve være det avgjørende for kalkningens styrke.

Tabel 20. Kolorimetrisk bestemte pH værdier.
(pH-Værdier efter kolorimetrisk Bestimmung.)

Prøve nr. (Probe nr.)	pH efter tilsætning av $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ HCl}$. (pH nach Zusatz von $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ HCl}$)					Aktuel pH (Aktuelles pH)	pH efter tilsætning av $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca (OH)}_2$ (pH nach Zusatz von $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca (OH)}_2$)			
	8	6	4	2	1		2	4	6	9
22			3.9	4.2	4.8	6.1				
23			5.8	6.1	6.2	6.8				
24			3.6	3.7	4.5	6.1				
25			3.6	3.7	4.5	6.2				
26	4.2	4.4	4.5	4.6		6.3	7.1	7.2	7.2	7.3
27						6.5				
28						6.3				
29	2.6	2.7	3.2	3.6		5.7	6.4	6.5	6.7	6.7
34	4.0	4.0	4.4	6.0		6.4	7.0	7.2	7.4	7.5
35	3.6	3.9	4.2	4.4	(4.5)	6.4	6.7	7.0	7.4	7.5
36	2.9	3.2	4.1	4.9		6.0	6.2	6.2	6.3	6.3
37	2.2	2.4	2.8	3.0		6.2	6.6	7.2	7.6	7.8
38	3.6	3.6	4.0	4.3		6.3	6.7	7.4	7.6	7.8
39	3.0	3.4	4.0	5.0		6.0	6.3	6.3	6.3	6.3
40	2.2	2.4	2.8	3.7		6.3	6.4	6.4	6.4	6.4
41	1.9	2.1	2.8	4.4		6.3	6.4	6.6	6.8	7.6
	8	6	4	2	1	0	2	5	9	13
46	3.0	3.3	3.7	4.2	4.6	5.0	5.6	6.0	6.4	6.6
47	2.4	2.5	2.8	3.3	5.2	5.8	6.2	6.6	7.0	7.6
48	4.4	4.4	4.5	4.5	4.8	6.3	6.4	6.7	6.7	6.8
49	4.4	4.4	4.5	4.6	5.2	6.2	6.3	6.5	6.6	6.8
50						6.1				
51		4.0	4.0	4.4	4.8	6.0	6.2	6.3	6.3	6.5
52	4.1	4.4	4.4	4.4	4.6	6.2	6.3	6.4	6.6	6.8
53	3.9	4.0	4.2	4.5	4.6	6.1	6.3	6.5	6.6	6.7
54	3.7	3.9	4.0	4.2	4.7	6.0	6.1	6.3	6.5	6.8
55						6.0				
56	3.7	3.7	4.0	4.5	4.6	6.2	6.2	6.3	6.6	6.8
57						6.3				
58						6.2				
59	3.0	3.2	3.5	4.9	5.4	5.7	6.0	6.1	6.2	6.4
60						6.3				
61	3.8	4.0	4.1	4.3	5.8	6.1	6.2	6.4	6.8	6.8

Forts.

(Forts.)

Prøve nr. (Probe Nr.)	pH efter tilsætning av $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ HCl.}$ (pH nach Zusatz von $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ HCl.}$)					Aktuel pH (Aktuelles pH)	pH efter tilsætning av $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca(OH)}_2$ (pH nach Zusatz von $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca(OH)}_2$)			
	8	6	4	2	1		2	5	9	13
62			4.4	4.4	4.9	6.2	6.3	6.5	6.8	
63						6.3				
64						6.3				
65						6.2				
66	3.1	3.3	4.3	4.9	6.0	6.4	6.8	7.4	7.6	8.2
67	2.8	3.1	3.5	4.5	5.7	6.6	7.5	7.8	8.3	9.2
68	3.9	4.6	5.5	5.8	6.0	6.4	7.2	7.5	7.8	8.3
69	3.5	4.2	4.9	5.8	5.9	6.8	7.3	7.6	8.0	8.5
70	3.5	3.6	3.7	4.8	5.0	6.2	6.4	7.1	7.6	7.8
71	3.2	3.3	3.4	3.7	4.4	6.5	6.6	7.2	8.1	9.0
72						6.0				
73	3.2	3.3	3.3	3.3	4.4	6.2	6.4	6.4	7.2	7.6
74	3.3	3.5	4.2	5.1	6.0	6.4	6.5	7.2	7.4	7.6
75	3.0	3.3	3.4	4.4	4.8	6.0	6.4	7.0	7.0	7.0
76	3.2	3.3	3.6	4.5	4.8	6.4	6.6	7.0	7.1	7.1
77	4.5	4.6	5.5	5.8	5.8	6.6	7.0	7.2	7.6	7.9
78	4.8	5.2	5.7	5.7	5.8	6.8	7.0	7.8	11.0	12.0
79	2.6	3.1	4.6	5.4	5.8	6.2	6.6	6.7	7.0	7.6
80						5.6				
81	2.8	2.9	3.3	3.5	4.6	5.4	5.6	5.8	6.0	6.6
82	2.9	3.0	3.2	3.5	4.6	5.8	5.8	6.4	6.6	6.8
83						5.7				
84						5.5				
85	2.9	3.2	3.5	4.9	5.5	5.7	6.0	6.8	7.1	7.3
86	2.8	2.8	3.5	3.9	4.8	5.6	5.6	6.2	6.7	7.0
87	2.8	2.8	3.4	3.9	5.0	5.2	6.0	6.2	6.7	7.0
88						5.6				
89						5.4				
90	2.7	3.0	3.4	4.8	5.3	5.6	5.6	6.1	6.4	6.6
91	3.0	3.2	3.4	4.6	5.0	5.4	5.9	6.2	6.7	7.0
92						5.6				
93			5.0	5.6	5.7	6.3	6.4	6.5	6.7	
94	4.9	5.1	5.6	5.6	5.9	6.2	6.8	7.0	7.6	7.9
95						5.5				
96			3.6	3.6	4.4	5.5	5.6	6.0	6.4	
97						5.6				
98			3.2	3.4	4.6	5.5	5.6	6.1		

Forts.

(Forts.)

Prøve nr. (Probe Nr.)	pH efter tilsætning av $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ HCl.}$ (pH nach Zusatz von $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ HCl.}$)					Aktuel pH (Aktuelles pH)	pH efter tilsætning av $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca(OH)}_2$ (pH nach Zusatz von $n \text{ cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca(OH)}_2$)			
	8	6	4	2	1		2	5	9	13
99		4.6	4.7	5.5	5.6	6.2	6.5	7.0	7.2	
100			4.9	5.4	5.5	5.6	5.8	6.5		
101	3.4	3.5	3.7	4.5	5.5	5.6	6.0	6.3	6.5	6.5
102				4.0	4.4	6.0	6.1	6.2		
103	3.5	3.5	3.9	4.6	5.4	5.6	6.1	6.3	6.5	6.7
104				4.4	4.6	5.6	6.0	6.2		
105	3.8	3.9	4.2	4.6	4.8	5.8	5.9	6.1		6.3
106						5.6				
107						5.7				
108						5.8				
109						5.6				
110		3.9	4.0	4.6	5.3	5.6	5.9	6.0	6.1	
111		4.4	4.4	4.4	4.8	5.6	6.0	6.2	6.4	
112						5.4				
113						5.6				
114						5.6				
115						5.6				
116						5.6				
117						6.1				
118	3.3	3.4	3.6	4.4	5.6	6.0	6.0	6.0	6.2	6.3
119	3.4	3.5	3.7	4.2	5.0	5.8	5.9	6.3	6.8	6.8
120	3.9	4.1	4.4	5.5	5.6	6.0	6.2	6.4	6.4	

LITERATURFORTEGNELSE.

Arnd, Th.

- 1919 Zur Kenntnis der Nitrifikation in Moorböden.¹⁾ Centralblatt für Bakt. II. Abt. Bd. 49.

Barthel, Chr.

- 1917 Bidrag til frågan om stallgödselkvävet's nitrifikation i åkerjorden. I. Meddelande N:o 150 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet, Bakteriologiska laboratoriet N:o 17, 1917.
- 1918 II. Meddelande N:o 172 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet, Bakteriologiska laboratoriet N:o 19, 1918.
- 1920 III. Meddelande N:o 211 från Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Bakteriologiska avdelingen N:o 23, 1920.

Baumann, A. og Gully, E.

- 1910 Untersuchungen über die Humussäuren. II. Die freien Humussäuren des Hochmoors, ihre Natur, ihre Beziehung zu den Sphagnum und zur Pflanzenernährung. Mitteil. der K. Bayr. Moorkultur-anstalt. H. 4. Stuttgart.

Bjerrum, N.

- 1918 Om sur og basisk reaktion. Fysisk Tidsskrift XVI, h. 2—3.

Bjerrum, N. og Gjaldhæk, J. N.

- 1919 Undersøgelser over de faktorer som bestemmer jordbundens reaktion. Den Kongl. Veterinær- og Landbohøjskoles Aarskrift 1919.

Boussingault, M.

- 1886 Des nitrates dans le sol et dans les eaux. Agronomie, Chemie agricole et Physiologie. T. II.

Buhlert og Fickenday.

- 1906 Zur Bestimmung der Salpetersäure im Boden. Landwirtsch. Versuchsstationen. Bd. 63, 1906.

¹⁾ Avhandlingen er først blit os tilgængelig efter at denne beretning er trykt.

Clark, W. M. og Lubs, H. A.

1917 The colorimetric determination of hydrogen ion concentration and its applications in bacteriology. *Journal of Bacteriology*, vol. 2, 1917.

1920 The determination of hydrogen ions. Baltimore. 1920.

Coleman, L.

1908 Untersuchungen über Nitrifikation. *Centralblatt für Bakt., Abt. II*, Bd. 20.

Dehérain.

1887 *Ann. agron.* T. 13, 1887. Refereret efter *Löhnis*: *Handbuch*.

Ebermayer, E.

1888 Gehalt der Walböden und Waldbäume an salpetersäuren Salzen (Nitraten). *Allg. Forst- und Jagdzeitung*, Bd. 64.

Gainey, P. L. og Metzler, L. F.

1917 Some factors affecting nitrate-nitrogen accumulation in soil. *Journ. Agric. Research* vol. 11. 1917.

Gillespie, L. J.

1916 The reaction of soil and measurements of hydrogen-ion concentrations. *Journ. of the Washington Acad. of Sc.* VI. no. I.

Giustiniani, E.

1901 Wassergehalt des Bodens und Denitrifikation. *Ann. agron.* 1901.

Grandval, A. L. og Lajoux, H.

1885 Nouveau procédé pour la recherche et le dosage rapide de faibles quantités d'acide nitrique dans l'air, l'eau, le sol etc. *Comptes Rend. de l'Academie des Sciences*, Cl. 1885, 2, p. 62.

Hesselmann, Henrik.

1917 Studier öfver salpeterbildningen i naturliga jordmåner och dess betydelse i växtekologiskt avseende. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt*. H. 13—14.

Hurwitz, S. H., Meyer, K. F. og Ostenberg, Z.

1915 On a colorimetric method of adjusting bacteriological culture media of any optimum hydrogen ion concentration. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, XIII, 24.

Hødal, A.

1914 Fra vestlandets skogplantninger. *Tidsskrift for Skogbruk*, hefte 9—10, 1914.

Koch, Alfred.

- 1914 Ueber die Einwirkung des Laub- und Nadelwaldes auf den Boden und die ihnen bewohnenden Pflanzen. Centralblatt für Bakt. Abt. II, Bd. 41.

Kolderup, Carl Fredrik.

- 1914 Fjeldbygningen i strøket mellem Sørfjorden og Samnangerfjorden i Bergensfeltet. Bergens Museums aarbok, 1914—15, nr. 8.

Krogh, August.

- 1915 Die Mikroluftanalyse und ihre Anwendungen. Abderhalden: Handb. d. biochem. Arbeitsmethoden, Bd. VIII, S. 495, 1915.

Michaelis, L.

- 1917 Die Methode der electrometrischen Titration und ihre Anwendung auf den Magensaft. Biochem. Zeitschr. Bd. 79, 1917.

Migula, W.

- 1900 Beiträge zur Kenntnis der Nitrifikation. Centralbl. f. Bakt. II. Abt. Bd. VI.

Müller, P. E.

- 1903 Om bjergfyrrrens forhold til rødgranen i de jyske hedekulturer. Tidsskrift for Skovbrug, suppl. 1903.

Müller, P. E., Rørdam, K., Helms, Johs. og Wöldicke, E. H.

- 1910 Bidrag til kundskab om rødgranens vækstforhold i midtjydske hedebund. Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, Bd. III.

Odén, S.

- 1912 Ueber die Natur der Humussäure. Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi, Bd. 4, No. 26. Stockholm og Upsala.
1916 Die Humussäuren und die Bodenazidität. Intern. Mitteil. für Bodenkunde, Bd. VI.
1919 Die Humussäuren. Dresden und Leipzig 1919.

Olsen, Carsten.

- 1918 Undersøgelser over den store nælde (*Urtica dioica*) fordringer til voksestedet. Tidsskrift for Skovvæsen. Bd. XXX.

Palitzsch, S.

- 1915 Ueber die Anwendung von Borax- und Borsäurelösungen bei der colorimetrischen Messung der Wasserstoffionenkoncentration des Meerwassers. Bioch. Zeitschr. Bd. 70, S. 333, 1915.

Piccini, A.

- 1880 Zeitschr. für anal. Chemie. Bd. 19, S. 353 1880. (Referat).

Reuss.

- 1903 Die Besenpfrieme (*Spartium scoparium* L.), die Amme (?) der Fichte. Weisskirchener forstl. Blätter, Hefte II, Wien 1903.

Schlösing, Th.

- 1897 Contribution à l'étude de la nitrification dans les sols. Compt. Rend. T. 125, 1897, p. 826.

Sutton, F.

- 1896 Volumetric Analysis, 7 Ed. London 1896.

Sørensen, S. P. L.

- 1909 Enzymstudier. II. Om maalingen og betydningen af brintion-koncentrationen ved enzymatiske processer. Meddel. fra Carlsberg Laboratoriet, VIII, 1909.

Traaen, A. E.

- 1916 Ueber den Einfluss der Feuchtigkeit auf die Stickstoffumsetzungen im Erboden. Centralbl. für Bakt. II. 1916, Bd. 45, S. 119—135.

Vogel von Falckenstein, K.

- 1913 Ueber Nitratbildung im Waldboden. Internationale Mitteil. für Bodenkunde, Bd. III.

Weibull, M.

- 1908 Bestämning af salpetersyran i åkerjord. Svensk kemisk tidsskrift, 1908, s. 11 og 22.

Weiss, Fr.

- 1908 Om salpetersyrens dannelse i muld og mor. Det forstlige forsøksvæsen i Danmark, Bd. II.

Weiss, Fr. og Bonndorf, K. A.

- 1917 Kemisk-biologiske undersøgelser av skovjord under „overernærede graner“ paa Wendelborg skovdistrikt. Dansk Skovforenings Tidsskrift, 1917, H. 2, S. 143.

Winogradsky, M. S.

- 1890—91 Reserches sur les organismes de la nitrification. Annales de l'Institut Pasteur. T. IV. et V.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Salpetersäureproduktion in unbebautem Erdboden.

Die Schwierigkeiten, die mit der bekannten Wachstumshemmung der Fichte in west-norwegischem Heideboden der Fichtenkultur entgegenstehen, haben es wünschenswert gemacht, auf möglichst breiter Basis eine Untersuchung über die Mikrobiologie des natürlichen Erdbodens in Westnorwegen aufzunehmen.

Die Untersuchungen von *Weis* u. a. haben für die Fichtenkulturen in Jütland wahrscheinlich gemacht, dass die Wachstumshemmung auf Stickstoffmangel und vor allem auf Mangel an Stickstoff in Form von Nitraten beruht. Es wurde daher mit einer Untersuchung über die Nitrifikation in unbebautem Erdboden ein Anfang gemacht.

Die bei der Untersuchung verwendeten Analysemethoden sind auf Seite 12—32 besprochen.

Um die Nitratproduktion des Erdbodens zu messen, wurden 200 Cm³ grosse Erdeportionen in Erlenmeyerkolben in Thermostaten bei 25° C. gehalten und nach dem Verlauf von 30 Tagen den Gehalt an Nitraten quantitativ bestimmt. Gleichzeitig wurden in Erlenmeyerkolben 50 Cm.³ einer modifizierten Winogradsky-Lösung (S. 13) mit je 5 Gr. Erde geimpft, und der Gang der Nitrifikation nach 30 (bez. 60) Tagen qualitativ (und quantitativ) untersucht.

Bei der quantitativen Salpetersäurebestimmung haben wir uns der Phenol-Schwefelsäuremethode von *Grandval* und *Lajoux* (modifiziert von *Reitmar* und *Weibull*) bedient. Diese Methode bietet dem Untersucher vor allem den Vorteil, dass er in relativ kurzer Zeit auf einfache Weise eine grosse Reihe Analysen ausführen kann. Natürlich hat auch diese Methode ihre Schattenseiten, und wir haben, um dieselben möglichst neutralisieren zu können, die ganze Methode durchgearbeitet. Im Gegensatz zu früheren Forschern haben wir gefunden, dass die Anwesenheit von Nitriten störend wirken kann, und zwar erstens dadurch, dass sich die Nitrite während der Analyse teilweise zu Nitraten oxydieren, und zweitens weil sie mit Phenol-Schwefelsäure rot bis grün gefärbte Verbindungen geben, die die kolorimetrische Pikratbestimmung stören können. Die Nitrite haben wir daher mittelst der Harnstoffmethode von *Piccini* aus der Analyse entfernen müssen. Unter Umständen können auch aus der Erde mitgeschleppte braun gefärbte Humusstoffe die kolorimetrische Bestimmung unmöglich machen. Um den störenden Einfluss derjenigen Stoffe zu eliminieren, haben wir den Erdauszug mit Aluminiumazetat und Natronlauge behandelt.

Die Nitratanalyse haben wir dann auf folgende Weise ausgeführt:

Den zu untersuchenden Erdproben (200 Cm.³) werden in 1000 Cm.³ Erlenmeyerkolben 400 Cm.³ dest. Wasser zugesetzt und dann der ganze Inhalt gut geschüttelt. Es wird jede Kolbe mit Zwischenräumen von 5 Minuten 6 mal und jedesmal 15 Sekunden geschüttelt; nach 25 Minuten ist also das Schütteln vorbei, und die Nitrate (wie *Buhlert* und *Fickenday* gezeigt haben) vollständig gelöst. Nachdem die Mischung 10 Minuten über in Ruhe gelassen ist, wird durch Papierfilter filtriert, wobei Sorge getragen wird, dass beim langsamen Hindurchgehen der Trichter mit Glasplatte bedeckt und ein kleiner Thymolkristall zugesetzt wird. An einem kleinen Teil des Filtrates wird zu vorläufiger Orientierung der Gehalt an salpetriger Säure nach *Gries* untersucht und, wenn diese Reaktion negativ ausfällt, mit Diphenylamin auf Salpetersäure untersucht. Für die quantitative Analyse werden dann zweckmässig 200 Cm.³ des Filtrates abgemessen; wenn die Lösung durch Humusstoffe braun oder gelb gefärbt ist, müssen diese zuerst entfernt werden, was sich auf folgende

Weise leicht erreichen lässt. Der Lösung werden zuerst 20 Cm.³ einer Aufschwemmung von Aluminiumazetat (20 Gr. feinpulverisiertes Aluminiumazetat in 1000 Cm.³ Wasser aufgeschwemmt) und darauf 0,5–3,5 Cm.³ einer 4-prozentigen Natronlauge zugesetzt. Das ausgeschiedene Aluminiumhydroxyd reißt die Humusverbindungen mit und lässt die Lösung farblos und klar zurück. Es ist hierbei notwendig, dass das Aluminiumhydroxyd in voluminöser, grobflockiger Form ausfällt, und dies lässt sich nur mit einer genau bestimmten Menge der Lauge erreichen. Da diese Lauge-menge mit jeder neu zubereiteten Aluminiumazetat- und Laugeportion und auch mit ihrem Alter variiert, ist es zweckmässig, von Zeit zu Zeit die notwendige Lauge-menge zu bestimmen. Man braucht hierzu nur z. B. 5 Kolben mit 200 Cm.³ Wasser und 20 Cm.³ Aluminiumazetat zu beschicken und dann in 5 Kolben verschiedene Mengen Lauge hinzuzufügen. Bei einem ganz genau bestimmten Quantum Lauge fällt das Hydroxyd fast momentan und in der erwünschten grobflockigen Form aus. Die hierzu erforderliche Lauge-menge hat in unseren Versuchen gewöhnlich zwischen 0,5 und 3,5 Cm.³ 4-prozentiger Natronlauge variiert.

Das Aluminiumhydroxyd wird nun abfiltriert, dem Filtrat soviel NaOH zugesetzt, dass die Reaktion deutlich alkalisch ist, und dann in Porzellanschalen auf Wasserbad eingedampft. Wenn der Inhalt beinahe trocken ist, werden 2 Cm.³ Phenolschwefelsäure zugesetzt und die ganze Innenseite der Schale damit gut behandelt. (Die hierbei benutzte Säure wird durch Auflösen von 9 Gr. reinem kristallisiertem Phenol in 60 Cm.³ conc. Schwefelsäure und Erwärmen auf Wasserbad bei 100° C. in 6 Stunden dargestellt). Nach 10 Minuten ist die Pikratbildung zu Ende, und der Inhalt der Schale wird in 20–40 Cm.³ Wasser gelöst und auf eine 100 Cm.³ fassende Messkolbe gebracht. Wenn die Lösung ganz oder beinahe farblos ist, wird 10 Cm.³, oder wenn notwendig mehr, von einer Ammoniaklösung (1 Teil conc. Ammoniak : 1 Teil Wasser) zugesetzt, und nachdem man sich überzeugt hat, dass die Lösung alkalisch reagiert, wird mit Wasser bis zu einem Gesamtvolum von 100 Cm.³ nachgefüllt. Die so gewonnene Lösung ist nach ihrem Ammoniumpikratgehalt mehr oder weniger gelb und die Pikratkonzentration wird jetzt durch Vergleich mit der Standardskala bestimmt.

Die Herstellung der Standardskala geschieht auf folgende Weise. In 1000 Cm.³ destilliertem Wasser wird 0,7217 Gr. reines Kaliumnitrat gelöst; die so gewonnene Lösung enthält 0,01 Mgr. N pr. Cm.³. Man nimmt hiervon 10 Cm.³ und verdünnt mit Wasser bis auf 200 Cm.³. Diese neue Lösung, die folglich 0,1 Mgr. N enthält, wird genau nach der oben dargestellten Methode behandelt: Fällung mit Aluminiumazetat und Natronlauge, Filtrierung, Eindampfen, Behandlung mit Phenol-Schwefelsäure, Zusatz von Ammoniak und Verdünnen mit Wasser bis auf 100 Cm.³. Die auf diese Weise hergestellte Pikrat-Standardlösung enthält folglich pro Cm.³ eine für 0,001 Mgr. N äquivalente Pikratmenge. Zur endlichen Herstellung der Vergleichs-Skala bringt man dann in eine Reihe farbloser Reagenzgläser 1 — 2 — 3 — 4 — 10 Cm.³ dieser Lösung, verdünnt mit Wasser bis auf 10 Cm.³ und verschliesst die Gläser mit Gummistopfen. Die Gläser enthalten also mit steigender Farbe-Intensität Ammonium-Pikratmengen, die 0,001 bis 0,01 Mgr. N äquivalieren.

Bei der Nitratbestimmung verfährt man nun in der Weise, dass man 10 Cm.³ von der aus dem Erdauszuge hergestellten Pikratlösung mit der Standardskala vergleicht und, der Intensität der gelben Farbe nach, einer ihrer Stufen gleichsetzt. Bei diesem Vergleich der Farben kann man die ganze Skala über Farbedifferenzen auf eine halbe Skalastufe, in den zentralen Teilen der Skala auf $\frac{1}{4}$ Stufe bestimmen. Bei der Stufe 5 z. B., die einem Wert von 0,005 Mgr. N entspricht, muss man also mit einem Fehler von $\pm \frac{1}{4}$ Stufe = 0,00025 Mgr. auf 0,005 Mgr., oder 5% des gefundenen Wertes rechnen.

Der Ausgangspunkt unserer Analyse war, wie oben erwähnt, 200 Cm.³ Erde. Nach der Behandlung dieser Erde mit Wasser muss sich ihr Nitratgehalt in einer Wassermenge gelöst haben, die der Summe von dem zugeführten Wasser und dem mit der Erde eingeführten Kapillarwasser gleich ist. Von dieser Lösung haben wir 200 Cm.³ verwendet und die Nitrate derselben in Ammoniumpikrat übergeführt. Wir müssen folglich eine Formel finden, die unter Berücksichtigung des von Probe zu Probe wechselnden Kapillarwassers die Berechnung des Nitratgehaltes der Erde gestattet. Der Gehalt an Nitrat-Stickstoff (in Mgr. pr. 1000 Cm.³ Erde) sei mit N, das Gewicht von 1000 Cm.³ Erde (in Gr.) mit L und das Kapillarwasser (als Gewichtsprozent von der frischen Erde)

mit K bezeichnet. Das mit 200 Cm.^3 Erde eingeführte Kapillarwasser beträgt dann $\frac{K L}{500} \text{ Cm.}^3 (\text{Gr.})$, und der Nitratstickstoff derselben Erdmenge ist folglich nach Schütteln mit dem zugesetzten 400 Cm.^3 Wasser in $400 \text{ Cm.}^3 + \frac{K L}{500} \text{ Cm.}^3$ Wasser gelöst. Die von dieser Lösung abgemessenen 200 Cm.^3 enthalten folglich $\frac{40 N}{400 + \frac{K L}{500}}$ Mgr. Nitrat-N. Bei der kolorimetrischen Bestimmung werden 10 Cm.^3 der Ammonium-Pikratlösung z. B. mit der Skalastufe a_1 gleich gesetzt und enthalten folglich $a_1 (1 \pm 0,05)$ Mgr. N. Die gesamte Ammonium-Pikratlösung, 100 Cm.^3 , enthält folglich $10 a_1 (1 \pm 0,05)$ Mgr. N, und wir haben:

$$10 a_1 (1 \pm 0,05) = \frac{40 N}{400 + \frac{K L}{500}},$$

wonach folgt:

$$N = 100 \left(1 + \frac{L}{1000} \cdot \frac{K}{200} \right) a_1 (1 \pm 0,05) \text{ Mgr. N.}$$

Bei reichlichem Nitratgehalt der Erde ist die Pikratlösung so stark gelb gefärbt, dass man erst nach Verdünnen mit Wasser die Farbe mit einer der Skala-Stufen identifizieren kann. Muss man die 100 Cm.^3 Ammonium-Pikratlösung auf $V \text{ Cm.}^3$ verdünnen, und ist 10 Cm.^3 der neuen Lösung mit der Skalastufe a_2 gleich stark gefärbt, dann hat man für die Berechnung von N die folgende Formel:

$$N = V \left(1 + \frac{L}{1000} \cdot \frac{K}{200} \right) a_2 (1 \pm 0,05) \text{ Mgr.}$$

Die Nitratbestimmung ist damit zu Ende geführt. Es kommt nun häufig vor, dass man mit dem oben geschilderten Verfahren nicht oder nur mit Schwierigkeiten das Ziel erreicht. Die gefärbten humösen Verbindungen hat man zwar mit Hilfe der Aluminiumazetatmethode entfernen können; trotzdem enthält aber der Erdeauszug häufig ungefärbte organische Verbindungen, die bei der Phenolschwefelsäurebehandlung verkohlen und eine braungelb gefärbte Lösung liefern; wenn die Pikratfarbe nur schwach gelb ist, wird die kolorimetrische Bestimmung durch diese primäre Farbe unmöglich gemacht. Um diesen Schwierigkeiten zu entgehen, verfährt man folgendermaßen: Nach der Pheno'-Schwefelsäurebehandlung wird der Inhalt der Schale wie gewöhnlich mit 20 Cm.^3 Wasser aufgenommen und auf einen 100 Cm.^3 fassenden Messkolben übergeführt. Hier wird nun zuerst ohne Ammoniakzusatz mit Wasser bis auf 100 Cm.^3 verdünnt. Wenn die so gewonnene Lösung eine für kolorimetrische Bestimmung störende Eigenfarbe hat, werden 10 Cm.^3 (a) auspipettiert; den übrigen 90 Cm.^3 (b) werden 10 Cm.^3 einer genügend konzentrierten Ammoniaklösung zugesetzt und genau auf ein Volum von 100 Cm.^3 gebracht. Ist die Farbe der Lösung nun stark gelb, so dass man weiter verdünnen muss, braucht man sich um die Eigenfarbe der Lösung nicht zu kehren und muss nur erinnern, dass man beim Verdünnen die früher auspipettierten 10 Cm.^3 (a) mitnimmt. Ist dagegen der Pikratgehalt niedrig und die Farbe schwach gelb, werden von den auspipettierten 10 Cm.^3 (a) die 9 in ein Probierglas mit 1 Cm.^3 Wasser zum Gesamtvolum 10 Cm.^3 gefüllt (Fig. 2, Glas 1). Von der Ammonium-Pikratlösung werden gleichfalls 10 Cm.^3 in ein Probierglas gegossen (Fig. 2, Glas 2), und diese Lösung wird dann mittelst der auf S. 21 in Fig. 2 skizzierten Ausgleichungs-Anordnung (nach *Hurwitz, Meyer und Ostenberg* 1915) mit der Standardskala verglichen. Bei der Berechnung hat man jetzt zu erinnern, dass man von der ursprünglichen Lösung (bevor Ammoniakzusatz) 10 Cm.^3 herausgenommen hat; man bestimmt folglich den N-Gehalt in $\frac{100}{10} \cdot 10$, d. h. in 9 Cm.^3 der ursprünglichen Lösung, und der gefundene N-Wert ist daher in diesem Falle mit $\frac{100}{9}$ zu multiplizieren.

Von anderen Fehlerquellen, die sich bei der Analyse geltend machen, kann der kleine Nitrat-Verlust erwähnt werden, der bei der Analyse regelmässig eintritt. In unseren Versuchen

war dieser Verlust durchschnittlich auf 6 % von dem gesamten Nitratgehalt zu setzen (Seite 22, oben).

Endlich kann auch nach unseren Erfahrungen die Anwesenheit von Nitriten auf die Analyse sehr störend einwirken. Mit Phenol-Schwefelsäure behandelt, geben die Nitrite gefärbte Verbindungen, die die kolorimetrische Pikratbestimmung oft unmöglich machen. In Tabelle 1 (S. 23) haben wir einige unserer Analysen zusammengestellt, in welchen wir Lösungen mit bestimmten NO_2 -Mengen nach der Phenol-Schwefelsäure-Methode behandelt haben; wie die Tabelle zeigt, werden in sämtlichen Analysen gefärbte Verbindungen gebildet. In den in Tabelle 2 (S. 24) zusammengestellten Analysen enthalten die Lösungen ausser Nitraten auch Nitriten, und wir sehen, dass die Anwesenheit der letzteren die kolorimetrische Bestimmung in vielen Fällen unmöglich macht.

Es wird daher notwendig, immer eine vorläufige qualitative Griesprobe auszuführen, und wenn diese positiv ausfällt, müssen die Nitrite aus dem Wege geschafft werden. Zu diesem Zwecke haben wir uns der Harnstoffmethode von *Picini* bedient und diese auf folgende Weise in die Analyse eingeführt. Der wässrige Erdeauszug (200 Cm^3) wird wie gewöhnlich eingedampft. Kurz vor dem Eintrocknen nimmt man die Schale vom Wasserbade, kühlt ab und setzt ca. 1 Cm^3 gesättigte Harnstofflösung zu. Diese wird mit der Innenwand der Schale überall in Berührung gebracht, und darauf werden einige Tropfen Eisessig bis zu saurer Reaktion zugesetzt. Die freigesetzte salpetrige Säure wird vom Harnstoff gespalten, und nach ein paar Minuten wird die Schale wieder auf das Wasserbad gesetzt. Sobald der Inhalt beinahe getrocknet ist, werden die 2 Cm^3 Phenol-Schwefelsäure zugesetzt, und die Analyse wird ausgeführt wie früher beschrieben. Tabelle 3 (S. 26) gibt das Resultat einiger Analysen, bei denen die Harnstoffmethode Verwendung fand.

Selbst bei Verwendung der Harnstoffmethode werden aber immer kleine Mengen salpetriger Säure zu Salpetersäure oxydiert. Die hierdurch gebildeten Nitratmengen sind aber ganz klein und lassen sich für alle beliebigen Mengenverhältnisse empirisch feststellen. In Fig. 3 haben wir Beispiele von Korrektionskurven dargestellt, mit deren Hilfe man die Menge der gebildeten Nitrate bestimmen kann.

Im ganzen haben wir mit Erde mehr als 300 Nitratanalysen und von Kulturflüssigkeiten mehr als 150 solche ausgeführt, und die Phenol-Schwefelsäuremethode hat uns unter Zuhilfenahme der oben erwähnten Hilfsmethoden immer sehr guten Dienst geleistet.

In Kap. II sind unsere Untersuchungen über die Nitrifikation in unbebautem Erdboden in West-Norwegen behandelt. Die Tabellen geben die wichtigsten der Analyseresultate. In der ersten Kolonne ist der bei der Einsammlung der Probe gefundene Nitratgehalt aufgeführt, und in der zweiten Kolonne der Nitratgehalt, nachdem die Erde 30 Tage bei 25° C. aufbewahrt war. Die nächsten 3 Kolonnen geben die Resultate der qualitativen Untersuchungen (Nessler, Gries, Diphenylamin) von Kulturflüssigkeiten (modifizierte Winogradsky-Lösung), die mit 5 Gr. Erde geimpft waren und 30 Tage in Thermostaten bei 25° C. gehalten waren. Die darauf folgenden 5 Kolonnen geben die Resultate von ähnlichen Kulturversuchen, die mit 100 Cm^3 Flüssigkeit zur Ausführung kamen und 60 Tage bei Zimmertemperatur dauerten. Dann geben die 3 nächsten Kolonnen den Wassergehalt (in Prozent von der frischen Erde berechnet), den Glühverlust und den Aschengehalt der Erdproben an, und in den letzten der zwei Kolonnen ist endlich der Stickstoffgehalt der Erde aufgeführt, und zwar erst als Prozent von der luftgetrockneten Erde, und dann in der letzten Kolonne in Gramm Stickstoff pro 1000 Cm^3 Erde.

Die Tabelle 6 (S. 33) gibt eine Übersicht über die Nitrifikation bei 7 Proben aus bebautem Erdboden. Wie die Tabelle zeigt, haben die meisten dieser Proben eine gute bis mittelgute Nitrifikationsfähigkeit.

In der Tabelle 7 (S. 38) sind die Nitrifikationsresultate für Erdproben aus gemischtem Laubwald aufgeführt. Die meisten dieser Proben zeichnen sich durch lebhafte Nitrifikation aus. Einige Proben, wie 19, 34 und 101, zeigen jedoch in den Versuchen mit Erde keinen oder einen verschwindend kleinen Nitratzuwachs, während dieselben Proben in Nährlösungen geimpft eine deutliche Nitrifikation hervorrufen. Durch einige vorläufige Versuche haben wir uns überzeugt, dass diese anscheinend ganz kleine Nitrifikation in Erdproben darauf beruht, dass diese Erde grosse

Mengen von nitratkonsumierenden (denitrifizierenden und eiweissaufbauenden) Mikroorganismen enthalten, die die gebildeten Nitrate augenblicklich verwenden.

Von Erde aus Birkenwäldern sind 9 Proben untersucht, und die Resultate in Tabelle 8 (S. 46) zusammengestellt. Die meisten Proben zeigen eine mittelstarke Erde-Nitrifikation und ungefähr die Hälfte auch eine lebhaft Nitratbildung in Nährlösungen; bei der zweiten Hälfte scheint die Nitrifikation in Nährlösung nur bis an die Nitritstufe zu führen.

Aus Fichtenwäldern sind 9 Proben untersucht worden, und von diesen kann nur eine einzige Probe eine gute Nitrifikation aufweisen (Tabelle 9, S. 51). Die übrigen Proben bilden nur ganz kleine Nitratmengen und in Nährlösungen führt der Prozess nur an die Nitritstufe.

Von Kiefernwäldern haben wir im ganzen 20 Proben untersucht. Die Resultate sind in der Tabelle 10 (S. 54) zusammengestellt. Die meisten dieser Proben haben keine Nitrifikationsfähigkeit. Eine Ausnahme machen nur 4 Proben, von denen die 3 in Kieferwald über Schiefer und die vierte über Saussuritgabbro genommen sind; diese vier Proben zeigen eine ganz gute Nitrifikation. Von den nicht nitrifizierenden Proben scheinen viele, besonders die Rohhumusproben, überhaupt keine Nitrifikationsbakterien zu enthalten, indem die Impfversuche in Nährlösungen absolut negativ ausfallen.

Der Heideboden ist in unseren Analysen mit 35 Proben vertreten. Wie aus der Tabelle 11 (S. 62) hervorgeht, zeigen die meisten Proben keine Nitrifikation. Von den nitrifizierenden Proben sind die zwei ersten (Nr. 1 und 2) eigentlich nicht zu Heideboden zu rechnen, da sie einer *Larix*-Pflanzung auf Heideboden entnommen sind, wo die reichlichen Nadelabfälle die Erde deutlich verbessert haben. Die übrigen Proben mit nitrifizierender Erde entstammen meist Heideböden mit *Juniperus*-Vegetation und sind daher zu den qualitativ besseren Heideböden zu rechnen.

Von Moor- und Torferde haben wir 9 Proben untersucht, und von diesen zeigen nur die Proben 6 und 106 eine bedeutende Nitrifikation.

Es wurde früher von verschiedenen Forschern hervorgehoben, dass es oft mit Schwierigkeiten verbunden ist, in mit Erde geimpften *Winogradsky*-Lösungen eine gute Nitrifikation zu erzielen. Bei unseren Versuchen sind uns diese Schwierigkeiten nur selten begegnet. Wenn wir die von uns modifizierte *Winogradsky*-Lösung (S. 13) verwenden und mit mindestens 5 Gr. Erde impfen, tritt, sofern die Erde die notwendigen Bakterien enthält, meist immer in der Nährlösung eine Nitrifikation auf. Häufig ist diese Nitrifikation sehr lebhaft, und 10 Mgr. Stickstoff (als $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ gegeben) werden bei 25° C. in 20–30 Tagen vollständig bis Salpetersäure oxydiert. In vielen Kulturen erreicht der Prozess recht schnell die Nitritstufe, bleibt aber hier lange stehen, und erst allmählich, häufig erst nach 3–4 Monaten, ist endlich die salpetrige Säure zu Salpetersäure oxydiert.

Im Grossen und Ganzen haben uns die Nitrifikationsversuche in Nährlösungen guten Dienst geleistet und zusammen mit den Erde-Kulturen einen guten Einblick in die recht variierende Nitrifikationsfähigkeit der verschiedenen Erden gegeben. In Tabelle 13 (S. 78) sind unsere Nitrifikationsversuche mit 100 Cm.³ der erwähnten Lösung in 60 Tagen bei Zimmertemperatur zusammengestellt.

In Kap. III werden verschiedene Faktoren besprochen, die auf die Nitrifikation einen Einfluss ausüben.

Der Einfluss des Wassergehaltes der Erde wird S. 85–92 behandelt, und die Resultate unserer Untersuchungen gehen aus den Tabellen 14 (S. 87), 15 (S. 88) und 16 (S. 89), sowie aus den Figuren 4–7 (S. 91–92) hervor. In den letzteren sind als Ordinaten die in 1000 Cm.³ Erde produzierten Nitratmengen und als Abscissen der Wassergehalt der Erde, in Prozent von der Wasserkapazität berechnet, eingetragen.

Die Durchlüftung der Erde ist nur an der Hand einiger orientierenden Analysen besprochen (S. 93–94). Die Sauerstoff- bzw. Kohlendioxyd-Analysen sind mittelst des von Krogh konstruierten Mikroluftanalyseapparates ausgeführt worden. Bei trockenem Wetter hat die Erdeluft meistens denselben Gehalt an O und CO₂ als die atmosphärische Luft. Nach Regen wird die Ventilation mehr oder weniger gehindert, der Sauerstoff nimmt ab und der Kohlendioxyd zu, und nach langdauerndem Regen finden wir die Erde so nass, dass sie keine selbständige Erdeluft besitzt.

Im Abschnitt 3 (S. 95) werden die sauren und basischen Eigenschaften der untersuchten Bodenproben besprochen. Die Reaktion, d. h. die Wasserstoffionenkonzentration, wurde in einem Auszug der Bodenprobe bestimmt, und die gefundene Reaktion haben wir durch den entsprechenden Wasserstoffionenexponenten (pH) angegeben. Die aktuelle und die potentielle Reaktion der Bodenprobe wurden mit Hilfe der kolorimetrischen Methode von S. P. L. Sørensen (1909) und durch Verwendung der Indikatoren von Clark und Lubs (1917, siehe auch S. 104) bestimmt.

In eine Reihe von Glasfläschchen (ca. 80 Cm.³) mit weitem Hals und eingeschliffenem Glaspfropfen wurden Erdeportionen à 15 Gr. eingewogen. Für jede Probe wurde in ein Fläschchen 30 Cm.³ destilliertes CO₂-freies Wasser zugesetzt, während in jedes der übrigen Fläschchen, die 15 Gr. derselben Bodenprobe enthielten, 30 Cm.³ von einer wässrigen Lösung zugesetzt wurden, die variierende Mengen von $\frac{n}{10}$ HCl oder $\frac{n}{10}$ Ca(OH)₂ enthielten.

Werden die Fläschchen jeder Bodenprobe von 1 bis 10 numeriert, so enthält jedes Fläschchen ausser 15 Gr. der Bodenprobe die in dem Schema S. 103 aufgeführten Quantitäten von HCl oder Ca(OH)₂. Das Kalkwasser war eine filtrierte, klare, bei Zimmertemperatur gesättigte wässrige Lösung von Ca(OH)₂. Die Normalität dieser Lösung wurde bestimmt, und die zu den Bodenprobenportionen zugesetzten Quantitäten der Lösung sind zu $\frac{n}{10}$ Stärke umgerechnet und in Cm.³

$\frac{n}{10}$ Ca(OH)₂ angegeben.

Die zugepfropften Fläschchen standen mit ihrem Inhalt 24 Stunden bei Zimmertemperatur. Während dieser Zeit wurden sie mehrmals gut geschüttelt. Darauf wurde der Erdeauszug durch einen Papierfilter filtriert, und in dem klaren Filtrat des Auszuges wurde die Reaktion kolorimetrisch bestimmt. (Die ersten Tropfen des Filtrats wurden wegen Adsorption im Filtrierpapier nicht benutzt).

Als Standardlösungen bei der kolorimetrischen Bestimmung wurden die auf S. 104 erwähnten und nach S. P. L. Sørensen (1909) und S. Palitzsch (1915) hergestellten Lösungen benutzt. Mit Hilfe dieser Lösungen wurde eine Serie von Vergleichslösungen mit bekannten Wasserstoffionenexponenten (pH), zwischen pH = 1,0 und pH = 13,0 zubereitet, wobei jede Vergleichslösung der Serie einen pH-Wert besass, der 0,2 Einheiten grösser als der der vorangehenden Vergleichslösung war. Diese Serie wurde als Vergleichsskala bei der Bestimmung der Reaktion des Erdeauszuges benutzt. 5 Cm.³ jeder Vergleichslösung wurden in einem Reagensglas abgemessen und eine bestimmte Anzahl Tropfen von dem Indikator zugesetzt, der für den pH-Wert der Vergleichslösung am meisten geeignet war. Die Reagensgläser d. h. die Vergleichsskala waren in einem Gestell nach S. P. L. Sørensen angebracht.

Die Bodenproben, denen nur destilliertes Wasser (wo also der aktuelle pH bestimmt wurde) oder HCl und Wasser zugesetzt waren, gaben meist immer einen farblosen Auszug, dessen pH-Wert sich leicht kolorimetrisch bestimmen liess. Der Auszug von den Bodenproben, denen Kalkwasser zugesetzt war, hatte oft einen gelben Farbenton. Bei der kolorimetrischen Bestimmung des pH-Wertes wurde diese Eigenfarbe des Auszuges (in einem „Komparator“ nach Hurwitz, Meyer und Ostenberg, 1915, siehe Fig. 2, S. 21) durch eine Anordnung kompensiert, die in dem Schema Fig. 10, S. 105 veranschaulicht ist. Diese einfache Kompensierungsmethode leistete eine ausgezeichnete Hilfe.

Die mit Hilfe der kolorimetrischen Methode bestimmten Wasserstoffionenkonzentrationen der Bodenprobenauszüge sind mit ihrem pH-Werte in der Tabelle 20 (S. 152) aufgeführt. Die experimentelle Fehlergrenze der kolorimetrischen Bestimmung ist hier ca. ± 0.1 im Zahlenwert von pH.

Die Verbindung zwischen zugesetzter Säuremenge (HCl) oder Basenmenge (Ca(OH)₂) und der dabei in dem Erdeauszuge bestimmten Wasserstoffionenkonzentration gibt einen (von unseren Versuchsbedingungen zu einem gewissen Grade geprägten) Ausdruck von dem Vermögen der Bodenprobe ihre ursprüngliche (aktuelle) Wasserstoffionenkonzentration festhalten zu können.

Für eine Reihe der untersuchten Bodenproben ist die gefundene Verbindung graphisch in Titrierungskurven (Fig. 11—32) dargestellt worden, und wir haben mit Hilfe der Kurven versucht, einen Einblick in die Natur und die Eigenschaften der untersuchten Bodenproben zu bekommen. Die aktuelle Reaktion und der Inhalt von Buffer in den verschiedenen Gebieten der pH-Skala einer Bodenprobe sind nämlich Faktoren, denen wir a priori einen grossen Einfluss auch auf die Nitrifikation beimesen müssen.

Für den Verlauf der Titrierungskurve einer Bodenprobe sind zwei Faktoren primär von Bedeutung. 1) Die Art und Menge der mineralischen Bestandteile — der minerogene Teil der Probe. 2) Die Menge und Verwesungsstufe der organischen Bestandteile — der organogene Teil der Probe. Für eine vorläufige Orientierung haben wir das Verhältnis zwischen diesen zwei Bestandteilen zu

Grunde gelegt und als Ausdruck hierfür das Verhältnis zwischen Glühverlust (G) und Asche (A) : $\frac{G}{A}$

benutzt. Eine solche Betrachtungsweise ermöglicht selbstverständlich nur eine erste Übersicht. Die weitere Ausforschung der Titrierungskurve muss mit qualitativen Analysen über den Inhalt der Bodenprobe an denjenigen Stoffen Hand in Hand gehen, die den Verlauf der Titrierungskurven einer Bodenprobe hauptsächlich bestimmen (Humusstoffe, Hydroxyde wie Al (OH)₃, Fe (OH)₃, Kieselsäure, Karbonate usw.). Unsere Diskussion über die Titrierungskurve der untersuchten Bodenproben kann deshalb nur eine orientierende sein, und wir haben nur gemeint, durch dieselbe einen Einblick in die reiche Variation der Kurventypen zu geben, die der Boden des westlichen Norwegens darbietet.

Im Abschnitt 4 (S. 108) werden die Titrierungskurven der untersuchten Bodenproben diskutiert.

1. Schiefer-Gegenden.

A. Bulken bei Voss. (Bodenproben Nr. 34—41, die Fig. 11—13). Das Schema S. 112 und die Figuren 11—13 zeigen, dass Bodenproben mit $\frac{G}{A} > 1$, ein ausgeprägtes Basenbindungsvermögen besitzen. Bei Bodenproben dagegen, die einen überwiegenden Inhalt von minerogenen Bestandteilen aufweisen, reicht der Aziditätszweig ihrer Titrierungskurve bei maximalem Basenzusatz zuletzt oberhalb pH = 7, und dies um so schneller, je kleiner der Inhalt der Bodenprobe an organogenen Bestandteilen (Glühverlust) ist. Der Basisitätszweig der Titrierungskurve solcher Proben zeigt einen kleinen Inhalt von mobilisierbarem Buffer oberhalb pH = 4, und der Bulkenschiefer gibt somit eine bufferarme Verwitterungserde, wenn wir von dem Buffervorrat in dem pH-Gebiet 3,7—4,5 wegsehen, welcher vermittelt des Humussols akkumuliert wird (Nr. 38 in der Fig. 13).

Die Figur 13 (Nr. 36—38) repräsentiert ein typisches Podsolierungsprofil, und die Titrierungskurven der einzelnen Bodenschichten sind sehr charakteristisch.

Nr. 36 und auch Nr. 39 (Fig. 12) sind Bodenproben, wo die Rohhumusbildung in gutem Gange ist. Diese zwei Proben sind sehr mineralarm. Die Figur 29 (S. 135) repräsentiert ebenfalls ein typisches Podsolierungsprofil. Hier ist aber die Oberschicht (Nr. 46) relativ mineralreich, und es ist schwer zu entscheiden, ob der Bildungsprozess von Rohhumus früher stattgefunden und zur Zeit aufgehört hat, oder ob eine typische Akkumulation von Rohhumus nicht stattfindet, weil die minerogenen Bestandteile hier ein relativ rasches Abbrechen des Rohhumus ermöglichen.

B. Granvin in Hardanger. (Das Schema S. 114 und die Figuren 14—18). Sämtliche Bodenproben sind reich an minerogenen Bestandteilen. Die sehr mineralreichen Erden — Sturzerden — zeigen charakteristische Titrierungskurven (Nr. 68, 77 in der Figur 14, Nr. 69 in der Figur 15) z. B. mit einem typischen Buffervorrat im Basisitätszweige bei pH = ca. 5,8. Dieser Vorrat verschwindet in älteren Erden relativ schnell, d. h. je nachdem die Schieferpartikel verwittern und feiner werden (siehe die Entwicklung der Titrierungskurveform Nr. 77, 69, 68, 66, 67). Die Titrierungskurven der älteren Schiefererden zeigen einen reichen Buffervorrat im Basisitäts-

zweige bei $\text{pH} = 3,2\text{--}3,5$ (die Figuren 16—18); dieser ist von minerogener Natur und durch Verwitterung minder leicht mobilisierbar.

Der Aziditätszweig der Titrierungskurven zeigt bei den Sturzerden keinen ausgeprägten Buffervorrat, sondern ein langsames, gleichförmiges Steigen, und ist wohl ein Ausdruck für ein glatt verlaufendes Abbrechen der Humusstoffe. Bei den etwas älteren Erden zeigt er dagegen einen typischen, mehr oder minder reichen Buffervorrat bei $\text{pH} = 6,2\text{--}6,5$ (siehe die Entwicklung 70, 71, 74, 75, 73), der überall da vorkommt, wo die Erde Mull-Charakter besitzt, oder organische Stoffe aus den oberen Schichten zugeführt werden (73). Der wesentliche Teil dieses Buffervorrats besteht gewiss aus organischen Verbindungen (Humussäuren), die wegen Mangel an basischen anorganischen Verbindungen nur langsam oxydiert werden.

Das Schema S. 114 zeigt die Bodenproben aus Granvin nach steigendem Wert von $\frac{G}{A}$ geordnet. Hier ist auch angegeben, bis zu welchem pH -Wert der Aziditätszweig bei maximalem Zusatz von Base ($13 \text{ Cm.}^3 \frac{n}{10} \text{ Ca (OH)}_2$) steigt. Es geht aus dem Schema hervor, dass je grösser $\frac{A}{A}$ ist, d. h. je mehr die organogenen Bestandteile die minerogenen Bestandteile überwiegen, um so tieferen Wert hat im allgemeinen der endliche pH .

C. Norheimsund in Hardanger. Die Bodenproben aus dieser Schiefergegend zeigen meist ganz ähnliche Typen der Titrierungskurve und, dem Alter der Bodenprobe entsprechend, dieselbe Entwicklung ihrer Form wie die aus Granvin: Ein ausgeprägtes Basenbindungsvermögen wird durch Anhäufung von organogenen Verbindungen hervorgerufen, und relativ schnell wird die Form und der Verlauf der Titrierungskurve einer mineralreichen Sturzerde (Nr. 78 in der Fig. 19) sowohl durch Verwitterungsprozesse als durch Anhäufung von organogenen Bestandteilen geändert (Nr. 79 in Fig. 19 und Nr. 81—82 in Fig. 20).

II. Saussuritgabbro. (S. 128.)

Sämtliche Bodenproben (105, 118—120, 86, 87) sind relativ reich an organogenen Bestandteilen. Der Aziditätszweig ihrer Titrierungskurven (die Figuren 23—25) zeigt übereinstimmend ein mehr oder minder stark ausgeprägtes Basenbindungsvermögen. Die Bodenproben aus Søfteland (die Figuren 23—24) haben dennoch einen ausgeprägten Charakter von Mullerde, und die Probe Nr. 105 (die Fig. 23) ist z. B. ein ausgezeichnetes (und nicht das einzige) Beispiel davon, dass man von dem Aussehen und der Qualität einer Bodenprobe als Mull oder Rohhumus ihre „Reaktion“ oder ihren „Sättigungsgrad“ gar nicht beurteilen kann. (Vergl. auch z. B. Nr. 120 und 118, Fig. 24).

III. Glaciale Ablagerungen. (S. 129.)

Die Bodenproben sind aus Rogaland Fylke (Tengesdal-Hetland), und ihre Titrierungskurven (die Fig. 26—28) haben alle einen ausgeprägten und im Grossen und Ganzen sehr übereinstimmenden Verlauf. Die Proben sind alle aus sehr sandreicher Heideerde unter Calluna-Vegetation über glacialer Moräne. Selbst eine ausgeprägte Torferde zeigt einen ähnlichen Verlauf ihrer Titrierungskurve, wenn nur die Torferde sandhaltig ist (Nr. 56, Fig. 28). Fehlt aber der Sandinhalt, so bekommt die Titrierungskurve einen etwas anderen Verlauf (Nr. 59, Fig. 28). Wenn wir von Nr. 59 absehen, so zeigen sämtliche Titrierungskurven ausgeprägten Mangel an Buffern im pH -Gebiet 4,5—6. Der Basisitätszweig der Titrierungskurve zeigt bei den Bodenproben, die ganz oder teilweise aus den Schichten stammen, wo die Heidekraut-Vegetation mit den unterliegenden Moräne-ablagerungen in Berührung kommt (Nr. 49, 52, 56), d. h. bei den Proben, die aus der Verwitterungszone stammen, einen deutlichen, mehr oder minder reichen Buffervorrat bei $\text{pH} = 4,5$. Dieser Vorrat besteht wahrscheinlich aus Verbindungen der Humussäuren mit schwachen anorganischen Verwitterungsbasen (wie Al—Fe—Hydroxyden), eine Annahme, die dadurch gestützt wird, dass der Basisitätszweig der Unterschicht des typischen Podsolierungsprofils bei Høiland pr. Stavanger (Nr. 48, Figur 29) einen reichen Vorrat von eben diesem Buffer angibt.

Der Basisitätszweig der Titrierungskurven von Bodenproben, die aus tieferen Schichten stammen (Nr. 53, 54, Fig. 27) zeigt, dass es ihnen an diesem Buffervorrat praktisch gesprochen fehlt. In diesen Proben gibt es aber einen reichen Vorrat von Buffern, die bei $\text{pH} = \text{ca. } 3,8\text{--}4,0$ in Aktivität treten. Solche Buffer kommen wahrscheinlich auch in den oben genannten Bodenproben vor. Sie fehlen dagegen in typischer Torferde (Nr. 59, Fig. 28) und in stark ausgewaschenen Bodenschichten (Nr. 47, Fig. 29), was daran deutet, dass sie mineralischer Natur sind.

Der Aziditätszweig zeigt für sämtliche Bodenproben (von der Probe Nr. 47 abgesehen) eine sehr starke Bindung der zugesetzten Ca-Base, auch wenn die Proben sehr mineralreich sind (siehe das Schema S. 136). Vorläufig können wir uns diese ausgeprägte Bindung nur in der Weise erklären, dass die organogenen Bestandteile der Bodenprobe in einer sehr „aktiven“ Form (als Humussäuren) vorkommen und dadurch dem Aziditätszweig der Kurve die charakteristische Form verleihen.

Heidekrautvegetation auf glacialer Moräne bedingt nach dieser Auffassung ein sehr langsames Abbrechen der aus dem Heidekraut stammenden Humusstoffe, und dies stimmt insofern mit unseren anderswo besprochenen Resultaten, dass eine Nitrifikation in diesen Bodenschichten fehlt.

Die Tabelle 18 (S. 140) zeigt, dass sämtliche untersuchten Bodenproben mehr oder minder sauer reagieren. Nur 3 Proben haben einen aktuellen Wasserstoffionenexponenten so gross wie $\text{pH} = 6,8$. 7 Proben haben einen aktuellen $\text{pH} \geq 6,5$, und von sämtlichen untersuchten Proben (91) gibt es nicht weniger als 38 (d. h. 41,7 %), die einen aktuellen $\text{pH} < 6$ haben. Die Probe Nr. 46 hat die höchste Azidität (mit einem aktuellen $\text{pH} = 5,0$).

Aus der Tabelle 17 (S. 137) geht weiter hervor, dass die Mullerdeproben der Schiefergegenden einen kleinen „Kalkbedarf“ aufweisen, jedenfalls solange das Verhältnis $\frac{G}{A}$ der Probe $> 0,20$ ist. Die Bodenproben aus Saussuritgabbro-Gegenden haben einen grösseren Inhalt von organogenen Bestandteilen, und das Verhältnis $\frac{G}{A}$ ist daher grösser als 0,20. Sie zeigen alle einen grossen „Kalkbedarf“. Dasselbe gilt auch für die Bodenproben, welche aus den glacialen Ablagerungen Jæderen—Egersund stammen. Eine Probe aus einem Fichtenwald über glaciäre Moräneablagerungen in Aas (Nr. 96) hat ebenfalls einen grossen „Kalkbedarf“, während eine Probe aus glacialen Flussterrassen in Granvin (Nr. 76) (Schiefergegend) einen kleinen solchen zeigt. Torferde- und Rohhumus-Proben zeigen alle, wie zu erwarten, einen grossen „Kalkbedarf“.

Kapitel IV. Das Verhältnis zwischen der Reaktion der Erdproben und ihrer Nitrifikation. Aus der Tabelle 18 (S. 140) geht deutlich hervor, dass die Nitrifikation einer Bodenprobe nur in geringem Grad auf der aktuellen Reaktion (pH) der Probe direkt beruht. Der erste Teil der Tabelle, wo die Bodenproben einen aktuellen pH -Wert von $\text{pH} = 6,8$ bis auf $\text{pH} = 6,4$ aufweisen, zeigt zwar praktisch gesprochen nur stark nitrifizierende Proben. Dieses Resultat kann und muss wohl dahin ausgelegt werden, dass für die Nitrifikation eine Reaktion innerhalb des erwähnten pH -Gebietes durchgehends günstiger ist als eine Reaktion mit kleinerem pH -Werte. Dieser Schluss bestätigt völlig frühere Untersuchungen, u. a. die von C. Olsen (1918).

Von den Bodenproben, die eine kräftige Nitrifikation aufweisen, und in der Tabelle innerhalb dem Gebiete $\text{pH} = 6,3\text{--}5,0$ liegen, stammt der überwiegende Teil aus Gegenden, wo die Gesteine Schiefer sind, während die nicht- oder nur schlecht-nitrifizierenden Proben überwiegend aus Gegenden mit Urgebirge oder glacialen Moräneablagerungen stammen, oder sie sind typische Rohhumusproben. Die Tabelle zeigt aber, dass es trotzdem so viele Ausnahmen gibt, dass wir auch nicht hier eine sichere Regel aufstellen können.

Andere spezielle Verhältnisse in dem Zustand eines Bodens müssen deshalb vorhanden und für die Nitrifikation von entscheidender Bedeutung sein.

Es wäre z. B. möglich, dass die Lebenstätigkeit und die Salpetersäureproduktion der nitrifizierenden Bakterien davon abhängig sind, ob der Boden geeignete Buffer enthält, die einem zu starken Ansetzen der Wasserstoffionenkonzentration entgegenwirken können. Um eine Übersicht von dieser Frage zu erhalten, haben wir versucht, ein Mass von derjenigen Buffermenge zu bilden, die durch Säurezusatz mobilisiert wird, bevor die Wasserstoffionenkonzentration des Bodens bis zu

einem gewissen Wert herangewachsen ist. Als einen solchen Grenzwert haben wir den Wert $pH = 4,0$ gewählt und haben als Mass für die Buffermenge, die zwischen dem aktuellen pH -Wert und $pH = 4,0$ mobilisierbar ist, die HCl -Quantität benutzt, welche dem Boden (15 Gr.) zugesetzt werden muss, um dem Bodenauszug einen $pH = 4,0$ beizubringen (siehe die Titrierungskurven). Die Tabelle 19 (S. 147) zeigt, dass zwischen der mobilisierbaren Buffermenge (so wie wir sie nur annähernd aus dem Basisitätszweig der Titrierungskurve messen können) und dem Nitrifikationsvermögen einer Bodenprobe kein direkter, regelmässiger Zusammenhang besteht. Wir können deshalb schliessen, dass innerhalb der herrschenden Versuchsverhältnisse die Buffer-Quantität nicht im Stande ist, die Intensität der Nitrifikation zu regulieren.

Indessen zeigt das reiche Vorkommen von nitrifizierenden Bodenproben in gewissen Schiefergebieten, dass eine Verbindung zwischen der Nitrifikation und den geologischen Verhältnissen einer Gegend zweifellos besteht. Bis zu einem gewissen Grade können die aus den Mineralien der Gesteine gebildeten Verwitterungsprodukte auch eine direkte Bedeutung als Nahrungsstoffe für die Nitrifikations-Bakterien haben. Wo es den Gesteinen an solchen Stoffen fehlt, wird ein Boden entstehen, der für die Nitrifikation relativ ungünstig ist.

Wir müssen aber erinnern, dass Stickstoff in der Form von Ammoniak die Grundlage der Nitrifikation bildet. Wo es eine optimale Ammoniakproduktion gibt, da wird — unter sonst gleichen Verhältnissen — die Nitrifikation am besten verlaufen. Es ist deshalb möglich, dass für die ammoniakproduzierenden Bakterien z. B. die aktuelle Reaktion und die Bufferverhältnisse eines Bodens von grösster Bedeutung ist und durch sie erst indirekt für die nitrifizierenden Bakterien. In diesem Fall werden auch viele andere Faktoren, wie z. B. der Stickstoffgehalt der Humusstoffe, die Pflanzengesellschaft, woraus die Humusstoffe stammen usw., ihren Einfluss ausüben, wodurch die Verhältnisse der verschiedenen Erden recht kompliziert werden.